

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. ПОТЕБНІ Ю.М.

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергоефективності ковальського цеху

ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1410-с
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Багров Р.О.

Керівник ас. Бандуренко І.І.

Консультант проф. Артемчук В.В.

Рецензент проф. Коваленко В.Л.

Запоріжжя


2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М.

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко
“ 12 ” червня 2023 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Багрову Руслану Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи Підвищення енергоефективності ковальського цеху
ПрАТ «Дніпроспецсталь»

керівник роботи Бандуренко І.І., асистент, конс. проф. Артемчук В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ЗНУ від « 29 » грудня 2022 року № 1893 - с _____

2. Строк подання студентом роботи: 10 червня 2023 року


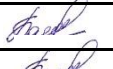
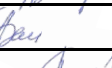
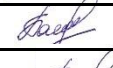
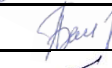
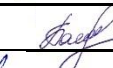
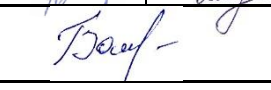
3. Вихідні дані бакалаврської роботи Потужність основного обладнання та режими
роботи; поточний тариф за 1 кВтгод. електроенергії.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Вступ; Загальна характеристика підприємства та технологічного процесу; _____
Аналіз споживання енергоресурсів; Пропозиції щодо зниження втрат _____
електроенергії у ковальському цеху.

5. Перелік графічного матеріалу (лише у якості рекомендації): Аналіз можливості
зменшення втрат електричної енергії ковальським цехом ПрАТ «Дніпроспецсталь».
План ковальського цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь». Потужність основного
обладнання з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів ковальського
цеху. Втрати потужностей основним обладнанням ковальського цеху. Схеми

впровадження автоматики роботи насосної РКМ-1000 та оборотного циклу. Діаграми впровадження автоматики на насосній РКМ-1000 та оборотного

6. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання прийняв	Завдання прийняв
Розділ 1	Бандуренко І.І, асистент		
Розділ 2	Бандуренко І.І, асистент		
Розділ 3	Бандуренко І.І, асистент		
Нормоконтроль	Башлій В.С., доцент		

7. Дата видачі завдання 30.12.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика підприємства та технологічного процесу	01.04.23	
2	Аналіз споживання енергоресурсів	01.05.23	
3	Пропозиції щодо зниження втрат електроенергії у ковальському цеху	01.06.23	

Студент


(підпис)

Багров Р.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник/консультант роботи


(підпис)

Бандуренко І.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтролер


(підпис)

Башлій С.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Багров Р.О. Підвищення енергоефективності ковальського цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Дипломна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник Бандуренко І.І. Запорізький національний університет, Навчально-науковий інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електротехніки та енергоефективності, 2023 рік.

Зроблено порівняльний аналіз та виявлено найбільші споживачі електричної енергії ковальського цеху. Визначено втрати потужності споживачів. Проведено дослідження по споживанню активної потужності електродвигунів. Запропоновано для зниження 5-ї та 7-ї гармонік встановити резонансний фільтр. Орієнтовний термін окупності фільтра становить 2,5 роки. Досліджено графіки навантаження та втрат при роботі насосної станції та насосною оборотного циклу. Розроблено схему автоматики роботи насосної станції та насосною оборотного циклу, що дасть економію електричної енергії біля 12 % на рік.

Ключові слова: електрична енергія; насосна станція; потужність електричної енергії; втрати електричної енергії, втрати потужності.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Загальна характеристика підприємства та технологічного процесу	7
1.1 Актуальність енергозбереження на металургійних підприємствах	7
1.2 Характеристика ПрАТ «Дніпроспецсталь»	15
1.3 Характеристика виробництва ковальського цеху	17
2 Аналіз споживання енергоресурсів	23
2.1 Аналіз споживання енергоресурсів підприємством	23
2.2 Аналіз споживання енергоресурсів обладнанням ковальського цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»	26
2.3 Споживання електроенергії основним обладнанням	28
2.4 Характеристика споживачів ковальського цеху. Розрахунок втрат електричної енергії	30
2.5 Розрахунки втрат на трансформаторних підстанціях	48
2.6 Втрати активної потужності у головних приводів РКМ-1000	50
3 Пропозиції щодо зниження втрат електроенергії у ковальському цеху	57
3.1 Дослідження споживання активної потужності	57
3.2 Заходи щодо зниження споживання активної потужності електродвигунами головного приводу РКМ-1000 RV-602/8-6b потужністю 630 кВт.....	73
3.3 Техніко-економічне обґрунтування заходів зі зменшення втрат електричної енергії	74
Висновки	79
Перелік посилань	80
Додаток А.	83

ВСТУП

Проблема енергозбереження актуальна для всіх країн, галузей і окремих підприємств хоча б тому, що зменшення енергоємності продукції дозволяє знижувати її собівартість і підвищувати конкурентоздатність. Актуальність енергозбереження визначається величиною енергоємності продукції.

Актуальність теми полягає в тому що в країнах ЄС витрачається на 1 тону кованої продукції приблизно в 2,5 рази менше кВт • год електричної енергії ніж на підприємстві ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Актуальність проблеми посилюється в країнах з обмеженими енергоресурсами, стає надзвичайно актуальною в умовах кризового стану економіки, коли по суті відсутня альтернатива енергозбереженню. Україна якраз відноситься до таких країн.

За останні роки на державному рівні було прийнято ряд важливих рішень щодо правового і організаційного забезпечення енергозбереження і управління ним (держкомітет закриття програми енергоінспекції). В той же час замість зниження енергоємності національного продукту відбувається його підвищення. Основні причини: продовжується спад виробництва і як наслідки - відсутність коштів на модернізацію і реконструкцію основних виробничих фондів і створення енергозберігаючих технологій, недостатнє методичне і особливо технічне забезпечення енергозбереження, відсутність на всіх рівнях взаємопов'язаних програм енергозбереження і т. ін.

В електричних мережах енергосистем (ЕС) і споживачів мають місце підвищені втрати електроенергії (1,5 - 2 рази порівняно з країнами Заходу), які зумовлені недостатнім рівнем компенсації реактивної потужності (КРП), нерівномірністю добових графіків навантажень, відсутністю засобів оптимального (за умовою мінімуму втрат) управління компенсуючими установками і нормальними режимами ЕС, а також ефективної системи взаєморозрахунків за КРП між ЕС і споживачами електричної енергії.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Актуальність енергозбереження на металургійних підприємствах

В Україні та країнах СНД на одиницю ВВП продукції, що випускається, витрачається більше ніж в 3 рази більше енергетичних ресурсів, ніж в індустріально розвинених країнах світу, що робить продукцію металургійної галузі обмежено конкурентоздатною на світовому ринку, обсяги її реалізації обмежуються в основному потребами внутрішнього ринку.

На потреби промисловості витрачається близько 60% всіх паливно-енергетичних ресурсів країни. Найбільш енергоємними є електроенергетика і паливна промисловість, чорна і кольорова металургія, хімія і нафтохімія, машинобудування і металообробка. Саме в цих галузях найбільш високий потенціал енергозбереження, що може забезпечити основні об'єми економії за рахунок зниження питомих витрат на одиницю енергоємної продукції і скорочення втрат в розподільних електричних і теплових мережах.

Сьогодні політика енергозбереження на державному рівні є одним з головних пріоритетів енергетичної галузі, вирішальним елементом, який визначає енергетичну безпеку країни. Тому оптимізацію енергозбереження слід розглядати як самостійне і крупне джерело покращення стану в енергопостачанні.

Проблема енергоспоживання є однією з найважливіших у всіх розвинених країнах і набуває особливої актуальності в Україні, де енергоресурси використовуються украй не ефективно, а їх вартість постійно зростає.

Проблеми концептуального характеру у області енергоспоживання можливо ранжувати у двох основних напрямках:

програми енергозбереження на об'єктах електроенергетики шляхом управління зниженням витрат на виробництво, транспортування і розподіл потоків електричної і теплової енергії;

паралельне планування заходів енергозбереження у споживачів, де можливості щодо заощадження енергоносіїв вищі, а витрати на заходи енергозбереження, навпаки, значно нижчі, ніж в електроенергетиці.

Концептуальне прийняти наступне визначення енергозбереження: «Це реалізація правових, організаційних, наукових, виробничих, технічних і економічних заходів, направлених на ефективне використання енергетичних ресурсів і на залучення в господарський оборот поновлюваних джерел енергії». У свою чергу ефективне споживання енергоресурсів - досягнення економічно виправданої ефективності використання ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки і технологій і дотриманні вимог до охорони навколишнього середовища.

Проблема енергозбереження є комплексною, пов'язаною з рішенням не тільки фінансових, але і технічних, соціальних, економічних, науково-організаційних, технологічних, екологічних питань.

Для чорної металургії України частка матеріальних витрат в загальних витратах виробництва перевищує 70%. Тому для металургійних підприємств ресурсозбереження, в першу чергу енергозбереження є головним чинником скорочення витрат виробництва і підвищення конкурентоспроможності продукції на світовому ринку.

Отже, слід погодитись з авторами [1], що висока енергоємність металургійного виробництва при безперервному зростанні вартості енергоресурсів обумовлює виняткову важливість енергозбереження, і потребує:

- структурної перебудови основних переділів, направленої на підвищення ефективності виробництва за рахунок технічного оновлення технологічного устаткування, впровадження матеріало- і енергозберіжних технологій;
- підвищення якості продукції і збільшення її сортаменту;
- розвитку і вдосконалення сировинної бази;
- широкого використання вторинних енергетичних ресурсів, в тому числі і з власного виробництва;

- здійснення системних заходів щодо охорони навколишнього середовища.

Впровадження науково-технічних досягнень у чорній металургії пов'язане з такими енергозберігаючими технологіями, як застосування киснево-конвертерного і електросталеплавильного способів замість мартенівського. Позитивний досвід такого підходу існує, наприклад в 1985 р. в інших країнах частка виплавки киснево-конвертерної і електросталі в загальному обсязі виробництва сталі складала 37,2 %, то в 1990 р. вона зросла до 42,8 %, а в 2005 р. досягла 56,5%, що дозволило одержати економію енергоресурсів в обсязі 1,2 млн. тон умовного палива [2].

Перехід від традиційного для України мартенівського виробництва сталі на конвертерний вимагає глобальних змін в енергоспоживанні металургійного підприємства, приводить до перерозподілу центрів вироблення енергії, перегляду політики утилізації вторинних енергетичних ресурсів, зміни схем передачі енергоресурсів в цілому. Так, наприклад, наявність на металургійному комбінаті киснево-конвертерного цеху може призвести до наступних технологічних змін в енергоспоживанні:

- побудову додаткової розподільної підстанції для стійкого електропостачання нового виробничого майданчика по схемі «глибоке введення високої напруги» для скорочення втрат при передачі і розподілі електроенергії;

- побудову нового енергокорпусу для утилізації пари;

- введення нової кисневої станції і компресорного блоку для виробництва стислого повітря;

- припинення або значне скорочення вироблення пари, яка використовувалася раніше на технологічні потреби і опалювання промислових цехів;

- можливу зміну паливних потоків мазуту топкового, природного газу, кисню.

За цей період часу енергетичне господарство не повинно знижувати

виробництво енергоресурсів, більш того, потрібні додаткові електроенергія, природний газ, пар високих параметрів, теплоносії і т.і.

До числа найбільш важливих завдань управління енергозбереженням будь-якого підприємства, яке працює за традиційними технологіями, на наш погляд, входять наступні:

- управління впровадженням систем контролю і обліку енергоресурсів, в масштабі реального часу;
- управління розвитком власних енергоджерел на підприємстві;
- управління утилізацією вторинних енергоресурсів;
- створення АСУ-ЕНЕРГО для мінімізації енерговитрат;
- розробка програм раціонального споживання енергоресурсів;
- розширене застосування енергозбережного устаткування.

В ведемо концептуальне поняття активного енергозбереження, яке передбачає в першу чергу управління реконструкцією устаткування і введення нових технологій. Комплексне, активне енергозбереження повинне базуватися на логістичних засадах, забезпечувати істотне зниження потоків енергоресурсів, які споживаються, стимулюванні безвідходного використання сировинних матеріалів і бути могутнім чинником зменшення шкідливої дії металургійного виробництва на навколишнє середовище.

У роботі [3] виділено чотири етапи «екологізації» промислових підприємств, а саме:

- підвищення якості управління енергетичною ефективністю основного устаткування шляхом підтримки необхідних експлуатаційних характеристик, розробки і впровадження технологій утилізації вторинних енергетичних ресурсів;
- вдосконалення режимів роботи і оптимізація параметрів технологічного і енергетичного устаткування. На цьому етапі забезпечується економія електричної і теплової енергії без зміни

технології і заміни устаткування;

- розробка і впровадження ефективних програм щодо засобів і технологій, направлених на інтенсивне енергозбереження;

- розробка і впровадження ефективних програм щодо засобів і технологій захисту навколишнього середовища.

Автори вважають, що передумовою успішної реалізації перерахованих вище етапів можуть бути заходи контролю за технологічним процесом лише в масштабі реального часу.

Таким чином можна виділити три групи заходів направлених на енергозбереження: заходи утилізації, заходи щодо енергетичної модернізації і оптимізації, заходи активного енергозбереження. Перші дві групи заходів є маловитратними і не дають великого економічного ефекту. Третя група дозволяє вирішувати принципово нову задачу, пов'язану з досягненням високого синергетичного енергозбережного ефекту побудованого на принципах логістики.

Проблеми енергозбереження в чорній металургії, однієї з найбільш енергоємних галузей, є загальнодержавним завданням. Її вирішення включає технологічні, енергетичні, організаційно-технічні і фінансово- економічні заходи, що є єдиним ланцюгом.

Складність проблеми оптимізації енергоспоживання полягає у необхідності застосування системного аналізу, дослідження динаміки і оптимізації енергетичних балансів, математичного моделювання енергоспоживання як єдиного енергетичного потоку. Як приклад логістичного підходу до рішення задач енергозбереження в металургії можна привести енерготехнологічну модель описану у [4], яка відображає концепцію повного паливного балансу, єдності технологічних і енергетичних процесів виробництва металу.

У металургійному виробництві енергетичні витрати визначаються не тільки наявністю або відсутністю розроблених технічних заходів, їх якістю і впровадженням. Потрібен ефективно працюючий механізм енергозбереження,

має бути сформульована єдина політика енергоспоживання, розроблені стратегія і тактика енергозбереження на підприємстві, та їх супровід.

У сучасних умовах підприємство не в змозі самостійно вирішити проблеми енергоспоживання і захисту навколишнього середовища без цілеспрямованого логістичного менеджменту.

Останніми роками прийнята низка нормативних актів урядом України. Зокрема були прийняті правила обліку енергетичних ресурсів, програма оснащення споживачів приладами обліку, правила проведення енергетичних обстежень підприємств. Проте, економічні і фінансові механізми, передбачені прийнятими законодавчими актами практично не працюють. Закони передбачають фінансову підтримку проектів і програм енергозбереження для підприємств, які активно використовують вторинні енергоресурси, шляхом надання податкових пільг, але фактичний стан справ не відповідає вимогам нормативних документів. Регіональні програми підвищення ефективності використання енергії розроблені частково, фінансування програм з бюджету спостерігається тільки в окремих регіонах. Податкові пільги, направлені на надання допомоги в реалізації програм в Україні не діють.

Для того, щоб Закон «Про енергозбереження» реально запрацював, необхідно в тарифах на енергоресурси передбачати «захищені» статті витрат, формування собівартості не тільки на виробництво, але і на, послуги з передачі енергії, які б забезпечували підприємству повернення тієї частини прибутку, яка утворюється від впровадження енергозберігаючих заходів. Можливий в реалізації для виробників і покупців енергоресурсів варіант введення тимчасових акцизів або додаткових тимчасових надбавок до тарифів для цільового використання засобів, що формуються з «дельти» підвищення тарифу. Після закінчення дії акцизного терміну тариф знижується від початкового на величину прибутку, одержаного від реалізації енергоефективних заходів.

У структурі споживання паливно-енергетичних ресурсів у регіонах де домінуюче положення займає чорна металургія, споживання електроенергії

становить в середньому 43-45%; теплової енергії - 30-34%; вугілля, мазуту і природного газу - 20-27%. Реальний внесок в підвищення ефективності використання енергоресурсів, в розвиток місцевої і регіональної законотворчої бази могли б внести енергоефективні демонстраційні зони в рамках регіональних програм їх розвитку [5].

Існують положення і статус демонстраційних зон, де створюються сприятливі умови для демонстрації сукупного синергетичного ефекту застосування ринкових механізмів, енергозберігаючої техніки і технологій, для вдосконалення нормативно-правового забезпечення енергоспоживання з метою подальшого розповсюдження позитивного досвіду на всю територію країни.

Розвиток і становлення демонстраційних зон залежить від законотворчої і фінансової їх підтримки, активного залучення промислових підприємств. Без такої допомоги демонстраційні зони існуватимуть лише формально. У бюджетах останніх років на розвиток демзон або проектів в рамках енергоефективних програм коштів не передбачається.

Рішення завдань скорочення енергоспоживання на металургійному підприємстві, як крупному споживачі електричної і теплової енергії, неможливе без розробки чіткої моделі стратегії і основних напрямів енергозбереження, тобто без конкретної концепції.

При розгляді концептуальних проблем оптимізації енергоспоживання, для металургійного підприємства із закінченим технологічним циклом, включаючи технології переробки сталі при максимальному виробництві агломерату, коксу, чавуну, сталі, прокату, приймаються умови коли всі виробничі структури максимально завантажені. За розрахункову модель приймемо підприємство, яке має в своєму складі:

- гірничозбагачувальне виробництво;
- вапняково-доломітове виробництво;
- коксохімічне виробництво;
- доменний цех;
- мартенівський цех;

- прокатне виробництво у складі цехів гарячого і холодного прокату, сортового прокату;
- вогнетривке виробництво;
- цехи головного енергетика.

Технологічні зміни можуть самі по собі спричинити глибокі структурні зміни в енергетичному споживанні підприємства: зміняться центри споживання енергоресурсів, виведуться з експлуатації джерела пари мартенівських печей, джерела надмірного тепла обтискових станів, з'явиться надлишок доменного і коксового газу, який використовувався раніше в технологіях нагріву заготовок.

Впровадження технологій з використанням логістичних принципів вимагає істотних змін в структурі не тільки паливно-енергетичного балансу підприємства, але і у складі технологічного устаткування основних цехів металургійного виробництва, подальшого перерозподілу потоків енергоносіїв і значних фінансових ресурсів на реконструкцію.

Концептуальні рішення повинні містити в собі щонайменше два напрями:

- організаційні заходи;
- технічні проекти.

Кожний із напрямків повинен базуватися на трьох основоположних принципах:

- планомірне скорочення споживання енергетичних ресурсів;
- повна утилізація і ефективне використання вторинних енергетичних ресурсів;
- максимальний розвиток власних енергетичних потужностей.

Перший напрям повинен передбачати створення Центру енергозберігаючих технологій і централізацію всієї діяльності комбінату з енергозбереження, створення моделей енергетичного балансу підприємства. Другий напрям - реалізація першочергових технічних рішень, зокрема реконструкція пароповітряної електростанції, організація приладового забезпечення обліку і диспетчеризація управління основними потоками

енергопотоків.

Рішення проблеми оптимізації енергоспоживання на підприємстві повинне стати складовою частиною регіональної програми і передбачати активну роботу з регіональним фондом енергозбереження.

Таким чином, зростання цін на енергоносії, глибокі обмеження в енергопостачанні електроенергії і природного газу, збільшення

енерговитрат на випуск продукції при зниженні обсягів виробництва примушують переглянути методологію управління енергетичною базою металургійного підприємства, витратами енергоресурсів в технологіях і структурних підрозділах.

За допомогою аудиту та постійного моніторингу енергоспоживання на підприємстві необхідно дійти висновку, що одним з базових принципів, які забезпечують конкурентноздатність продукції на світових ринках, крім якості продукції і екології, є скорочення енерговитрат на продукцію, що випускається.

Роботу над проектом слід починати з доручення Ради директорів підприємства фахівцям управління головного енергетика УГЕ, спільно з проектними і науковими організаціями розробити концепцію розвитку енергетики, яка передбачала б не тільки розвиток власної енергетичної бази, але і реалізацію заходів, які забезпечують зниження енерговитрат підприємства в цілому.

Отже, абсолютне скорочення енергетичних ресурсів повинне мати за мету зниження питомого показника енергоспоживання і досягнення світового рівня кращих металургійних підприємств.

1.2 Характеристика ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Підприємство виробляє сертифіковану металопродукцію з неіржавіючих, інструментальних, швидкорізальних, підшипникових, легованих, конструкційних марок сталі, а також з жароміцних сплавів на основі нікелю.

ПрАТ «Дніпроспецсталь» виробляє більше 800 марок сталі і сплавів і більше 1000 різних профілів прокату. Сталеплавильне виробництво підприємства представлено трьома електросталеплавильними цехами, оснащеними відкритими вісьмома основнимідуговими електропечами ємністю від 30 до 60 тонн, двома індукційними печами ємністю 7 тонн, агрегатом газокисневого рафінування, а також печами електрошлакового і вакуумно-дугового переплавів ємністю (1-20) і (1-6) тонн, відповідно.

Для отримання металу з високими якісними характеристиками, сталь, виплавлена у відкритій дуговій печі, обробляється на установці «піч-ківш», а також піддається поза пічного вакуумированню. Дуплекс-процес дозволяє виплавляти корозійностійкої нержавіючу сталь з низьким вмістом вуглецю. (Дуплекс-процес являє собою виплавку сталі у відкритій дуговій печі з газокисневого рафінування).

Більше 20 років завод виробляє інструментальну і швидкорізальної сталь методом порошкової металургії. Виплавка металу проводиться в індукційній печі ємністю 7 т, а застосовувані у виробництві методи холодного і гарячого ізостатичного пресування при температурі 1100 °С – 1150 °С і тиску 1000 атм. (процес ASEA - STORA) дозволяють отримувати метал з однорідною структурою без слідів карбідної сітки.

Прокатне виробництво Прокатний цех оснащений обтискному-заготовочних станом «1050/950» і сортовими станами «550», «325» і «280». Дніпроспецсталь виробляє круглий прокат діаметром 8-250 мм, квадратний прокат зі стороною 10-250 мм, квадратну заготовку, блюми.

Квадратна заготовка і блюми поставляються з абразивної зачисткою поверхні. На сортових станах освоєно виробництво смугових, шестигранних профілів і профілів спеціального призначення, прокочується широкий марочний сортамент, в тому числі жароміцні сплави леговані нікелем і швидкоріжуча сталь.

У калібрувальному цеху проводиться холоднотянута сталь, прутки зі спеціальною обробкою поверхні з конструкційних, підшипникових,

інструментальних, швидкорізальних і нержавіючих марок сталі.

Виробництво прокату із спеціальною обробкою поверхні проводиться в цеху ад'юстажної обробки на обладнанні фірм «Landgraf» (Італія), «SMS» (Німеччина) і «CMS» (Франція).

Ковальсько-пресове виробництво. Ковальсько-пресовий цех виробляє сортові великогабаритні поковки з різних марок сталі. У ньому встановлені гідравлічні преси з номінальним зусиллям 60 і 32 МН, оснащені маніпуляторами вантажопідйомністю відповідно 10 і 5 тон. Є ділянки для термообробки, правки і обробки поковок, а також для ультразвукового контролю якості продукції.

Термообробка. В термічному цеху і на відповідних ділянках передільних цехів виконуються різні види відпалу металопродукції, нормалізація, гарт аустенітної нержавіючої сталі, термопокращення прокату і поковок з конструкційної і нержавіючої сталі.

1.3 Характеристика виробництва ковальського цеху

В ковальському цеху здійснюється виробництво двома агрегатами РКМ-1000 та РКМ-340. Радіально-кувальна машина РКМ-340 (із зусиллям 3,4 МН) Машина призначена для гнучкого виробництва невеликих обсягів сортової продукції невеликого поперечного перерізу з високолегованої сталі і ідеальна для адаптації під зміни на ринку. Машина призначена для кування сортового прокату круглого, квадратного і прямокутного перетинів діаметром 50 - 150 мм і максимальною довжиною 8 м. Зазвичай вона застосовується для кування високолегованих марок сталі, яким потрібна пластична деформація. Максимальний діаметр зливка: 250 мм, вага до 600 кг.

РКМ 340 обладнана однією піччю з крокуючим подом безперервної дії для нагріву злитків і заготовок. Корисна ширина пода - 3,2 м; довжина пода: 15 м. Максимальна температура нагріву: 1.250 °С; швидкість переміщення злитків або заготовок в печах - 9 - 14 шт. в годину.

Радіально-кувальна машина (скорочено «РКМ») РКМ-1000 була встановлена в 1980 р австрійською компанією GFM (первинне найменування SX-55).

Загальні характеристики машини РКМ-1000.

Радіально-кувальна машина РКМ-1000 (із зусиллям 10 МН) призначена для кування сортового прокату круглого, квадратного і прямокутного перетинів діаметром 80 - 250 мм і максимальною довжиною 10 м (сторона видачі "В"). Максимальна довжина на завантаженні - 6 м (сторона завантаження "А"). Максимальний діаметр зливка - 550 мм, вага до 2 т. РКМ-1000 обладнана відрізним верстатом ГД-146 для різки металу з електродвигуном головного приводу 160 кВт, та двома кільцевими нагрівальними печами безперервної дії для нагріву злитків і підлозі готових поковок до 1200 ° С.

Запальна система пальників управляються за допомогою клапанів з ручним керуванням. Невелика радіально-кувальна машина (скорочено «РКМ») РКМ-340 була встановлена в 1982 р. На РКМ 1000 обробляють два типи стандартних злитків круглого перетину масою 600 і 1 000 кг.

Стан машини безпосередньо впливає на фонд робочого часу. Цех працює безперервно, що складає 8 760 годин роботи в рік. Використання робочого часу за 2018 рік, наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура робочого часу для комплексу агрегату РКМ-1000

Структура робочого часу обладнання у ковальському цеху	РКМ-1000		Верстат ГД-146		Кільцеві печі №1, №2	
	За рік, год/рік	Частка, %	За рік, год/рік	Частка, %	За рік, год/рік	Частка, %
Ефективно - чистий	6 574	76,1	1 465	17	7 305	84,5
Технологічні простой	1 326	15,3	6 630	76,7	535	6,2
Тривалість техобслуговування та аварійних поломок	740	8,6	540	6,3	800	9,3
Загальна кількість годин роботи	8 640	100	8 640	100	8 640	100

З урахуванням річного фонду робочого часу (8 640 годин) на частку оптимального виробництва машин повинно йти не менше 6000 годин ефективного робочого часу або 70% від загального робочого часу. На техобслуговування, заміну програми кування, заміну бойків і незаплановані простої можна використовувати максимум 200 годин на місяць або 2 500 годин на рік, весь інший час машина повинна безперервно працювати.

В якості вихідного матеріалу для РКМ-340 застосовують тільки попередньо прокувати і прокатані заготовки. Стандартні злитки не використовуються. Заготовки заздалегідь прокочують на прокатному стані або проковують на кувальних пресах або РКМ-1000. Довжина заготовок: 1,25-3,0 м, заготовки круглого, квадратного або прямокутного перетинів:

- круга діаметром 100 - 250 мм;
- квадрати 100 - 180 мм;
- прямокутники 60-200 x 90-210 мм.

РКМ-340 обладнана відрізним верстатом ГД-139 для різки металу з електродвигуном головного приводу 160 кВт, та піч'ю з керуючим подом для підігріву металу. Використання робочого часу за 2018 рік, наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Структура робочого часу для комплексу агрегата РКМ-340

Структура робочого часу обладнання у ковальському цеху	РКМ-340		Верстат ГД-139		Піч з керуючим подом	
	За рік, год/рік	Частка, %	За рік, год/рік	Частка, %	За рік, год/рік	Частка, %
Ефективно - чистий робочий час	2 205	25,5	745	8,6	2 188	25,3
Технологічні простої	5 640	65,3	7 697	89,1	5 306	61,4
Тривалість техобслуговування та аварійних поломок	795	9,2	198	2,3	1146	13,3
Загальна кількість годин роботи	8 640	100	8 640	100	8 640	100

З усього наявного обсягу робочого часу 720 годин/місяць були створені умови для роботи в середньому тільки в обсязі 112 годин на місяць або 15,6% від загального робочого часу. Час очікування надходження матеріалу склало 480 годин / місяць або 66,7% від загального робочого часу, що більш ніж в чотири рази більше ефективного робочого часу. РКМ-340 працює тільки 5 днів на місяць, і бригада, яка працює на РКМ-1000, поперемінно працює також і на РКМ-340.

Кування на радіально-кувальних машинах істотно більш енергоефективне, ніж кування на пресах. Висока швидкість кування дозволяє кувати заготовку до розмірів готового прутка за один нагрів, без додаткового нагріву. Але дане твердження вірне в умовах нормального, безперервного виробництва.

Питомим енергоспоживанням в радіально-кувальному цеху з машинами РКМ 1000 і РКМ 340 вважається загальна кількість енергії, необхідної для всього технологічного і допоміжного обладнання. Також сюди входить вся енергія, необхідна для всіх виробничих приміщень і офісів (нагрів, підігрів, термічна обробка, і приведення в дію, опалення, освітлення і ділянку техобслуговування). Розрахунок питомого споживання енергоресурсів наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Питоме споживання енергоресурсів ковальським цехом

Рік	Зріджений природний газ т/год	Електроенергія кВт • год/рік	Виробництво тон/год	Питома витрата		
				Електроенергія кВт • год/тону	Зріджений природний газ т/т	Усього кВт • год/тону
2021	5 532,0	3 743 600	9 450	396	0,585	5 164
2022	4 678,3	3 547 700	9 338	380	0,501	4 461

Значно більше 90% всього витрати енергії припадає на частку

зрідженого природного газу (СПГ) для нагріву і близько 8% всього енергоспоживання на електрику. Значення питомої витрати енергії 5 164 кВт • год/т в 2017 р, і 4 461 кВт • год/т в 2018 р в кувальному цеху неприйнятно високі, що не дозволяє отримувати прибуток. Витрати на енергію - основна стаття витрат, і в порівнянні з конкурентними радіально-кувальними цехами в ЄС витрати в кілька разів вище, що показано в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика питомого споживання енергоресурсів

Ковальські цеха	кВт • год/тону	Індекс DSSEU
Ковальські цеха в європейському союзі	1 900	100
Ковальський цех ДСС 2017 р.	5 164	272
Ковальський цех ДСС 2018 р	4 461	235

Номинальна продуктивність такої радіально-кувальної машини як РКМ-340 в хорошому стані і при 8 760 години роботи в рік повинна бути не менше 7 000 т/рік. Точка беззбитковості знаходиться близько 4 000 т /рік в залежності від розміру окремих витрат. Продуктивність понад цього значення означає прибуток.

Перед тим як передавати заготівлі до печей агрегатів РКМ-1000 та РКМ-340 метал проходить стадію видалення виявлених дефектів. Обробка профелей вагою до 700 кг виконують верстати М7400 №3 та М7400 №4 з електродвигуном головного приводу потужністю 55 кВт. Обробка профелей вагою до 1300 кг виконує верстат 2А1749 №2 з електродвигуном головного приводу потужністю 110 кВт. Ці верстати не тільки забезпечують підготовку виробництва для кування агрегатами РКМ-1000 та РКМ-340 вони виконують обробку заготівель для інших підрозділів підприємства.

Використання робочого часу зачесних верстатів за 2021 рік, наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Структура робочого часу для зачесних верстатів

Структура робочого часу обладнання у ковальському цеху	Верстат М7400 №3		Верстат М7400 №4		Верстат 2А1749 №2	
	За рік, год/рік	Частка, %	За рік, год/рік	Частка, %	За рік, год/рік	Частка, %
Ефективно - чистий робочий	5 779	66,9	5 835	67,5	2 932	33,9
Технологічні простої	2 176	25,2	2 107	24,4	5 263	60,9
Тривалість техобслуговування та аварійних поломок	685	7,9	698	8,1	445	5,2
Загальна кількість годин роботи	8 640	100	8 640	100	8 640	100

Після кування металу агрегатами РКМ-1000 та РКМ-340 стадію правки виконують маніпулятор №5, який входить до комплексу молота №5 та прес №4. Обробку торців металу виконує фрезерна установка. Використання робочого часу зачесних верстатів за 2021 рік, наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.7 – Структура робочого часу для обладнання обробки осевої заготівлі

Структура робочого часу обладнання у ковальському цеху	Маніпулятор №5		Прес №4		Фрезерна установка	
	За рік, год	Частка, %	За рік, год	Частка, %	За рік, год	Частка, %
Ефективно - чистий робочий час	3 456	40	4 309	49,9	2 922	33,8
Технологічні простої	4 350	50,3	4 073	47,1	5 525	63,9
Тривалість техобслуговування та аварійних поломок	834	9,7	258	3	193	2,2
Загальна кількість годин роботи	8 640	100	8 640	100	8 640	100

2 АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

2.1 Аналіз споживання енергоресурсів підприємством

Споживання енергоресурсів підприємством залежить від завантаження виробництва у певний час. Дані витратна паливно-енергетичні ресурси (ПЕР) у 2021 році наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Витрати на ПЕР підприємством у 2018 році

Енергоресурс	Витрати на енергоресурси	
	тис. грн	%
Активна електроенергія	599 476	41,89
Реактивна електроенергія	4 233	0,30
Вода технічна	23 100	1,61
Кисень технічний	19 218	1,34
Кисень газоподібний	22 562	1,58
Газ природний	453 794	31,71
Газ доменний	106 428	7,44
Каналізація	8 619	0,60
Вода питна	9 277	0,65
Аргон газоподібний	30 799	2,15
Аргон рідкий	1 599	0,11
Вода гаряча від Запоріжсталь	21 500	1,50
Пара	95 101	6,65
Бензин	4 858	0,34
Дизельне пальне	26 171	1,83
Всього	1 430 970	100,00

Як видно з таблиці 2.1, споживання електроенергії становить близько 42 %. Споживання електроенергії у січні 2022 року між основними цехами наведено у таблиці 2.2.

Як сталеплавильне так і передільне виробництво має свою специфіку споживання енергоресурсів. Витрати підприємства у грошовому еквіваленті наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Споживання електроенергії цехами підприємства у січні 2022 року

№	Назва цеху	Витрати на електроенергію, тис.грн	Відсоток від усіх витрат, %
1	СПЦ-2	7736	21,54
2	СПЦ-3	13003	36,21
3	Прокатний цех	4115	11,46
4	Ковальський цех	461	1,28
5	Термічний цех	288	0,80
6	КПЦ	929	2,59
7	СПЦ-5	1631	4,54
8	Допоміжні цеха	7217	20,10
	Всього	35911	100,00

Таблиця 2.3 – Споживання електроенергії основними споживачами за 2021 рік

Назва цеху	Витрати на електроенергію	
	тис. грн	%
1	2	3
СПЦ-2	20257	5,98
СПЦ-3	37 702	11,14
СПЦ-5	23 358	6,90
Прокатний цех	149 604	44,20
КПЦ	102 604	30,31
Ковальський цех	4 979	1,47
Всього		100,00

В таблиці 2.4 показано розподіл енергоресурсів у 2021 році.

Таблиця 2.4 – Структура споживачів ПЕР у 2021 році на підприємстві

Енергоресурс	Відсоток від усіх витрат, %	Енергоресурс	Відсоток від усіх витрат, %
Електроенергія	42,19	Пара	6,65
Газ природний	31,71	Аргон газоподібний	2,10
Газ доменний	7,44	Інші	9,91

У таблиці 2.5 ми бачимо яке співвідношення споживання електроенергії ковальський цех має порівняно до підприємства у кожному місяці 2021 року.

Таблиця 2.5 – Грошовий еквівалент споживання електроенергії ковальським цехом по відношенню до підприємства у 2021 році

Місяць	Витрати підприємством на електроенергію, тис. грн	Витрати на електроенергію ковальським цехом	
		тис. грн	%
1	2	3	4
Січень	141 228	450	0,32
Лютий	152 074	450	0,30
Березень	119 517	342	0,29
Квітень	146 239	384	0,26
Травень	189 589	457	0,24
Червень	172 649	420	0,24
Липень	122 748	380	0,31
Вересень	186 423	477	0,26
Листопад	120 209	403	0,34
Грудень	175 030	395	0,23
Всього	1 857 834	4 979	100,00

Не зважаючи на те, що ковальський цех не є основним споживачем електроенергії ПЕР складає майже половину собівартості продукції.

2.2 Аналіз споживання енергоресурсів обладнанням ковальського цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Розглянемо помісячно усі витрати які впливають на випуск продукції у кожному місяці 2021 року (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 - Витрати ковальського цеху за 2021 рік

Місяць	ПЕР, тис.грн	Матеріал и, тис.грн	Запасні частини, тис.грн	Заробітня платня, тис.грн	Амортизація, тис.грн	Інше, тис.грн
1	2	3	4	5	6	7
Січень	4 098	345	109	957	354	2294
Лютий	5 404	551	109	961	354	2 493
Березень	3 455	865	71	994	354	1 720
Квітень	3 476	789	95	1 063	354	1 862
Травень	4 343	932	112	1 171	353	2 184
Червень	3 780	1 155	100	1 219	353	1 966
Липень	3 147	1 060	87	1 219	356	2 034
Серпень	4 207	1 037	89	1 167	356	1 870
Вересень	4 594	1 296	105	1 263	356	1 562
Жовтень	3 478	998	87	1 272	345	1 552
Листопад	3 495	889	78	1 176	345	2 003
Грудень	3 922	810	88	1 631	352	2 632
Всього	47 398	10 726	1 132	14 094	4 232	24 173

Згідно таблиці 2.6 на ПЕР перепадає найбільше витрат. За весь 2021 рік для ковальського цеху доля використання активної електроенергії склала 10,43% від усього ПЕР. У таблиці 2.7 наведено детальний розклад всіх витрат.

Таблиця 2.7 – Річні витрати на енергоресурси ковальського цеху у 2021 році

Енергоресурс	Витрати на енергоресурси	
	тис. грн	%
1	2	3
Активна електроенергія	4 941	10,43
Реактивна електроенергія	35	0,07
Вода технічна	106	0,22
Кисень технічний	80	0,17
Кисень газоподібний	106	0,22
Газ природний	35 567	75,04
Газ доменний	397	0,84
Каналізація	71	0,15
Вода питна Запоріжсталь	77	0,16
Вода гаряча Запоріжсталь	958	2,02
Пара	639	1,35
Інше паливо	5	0,01
Стисле повітря	2402	5,07
Газ природний ЕСЦ	1821	3,84
Газ доменний ЕСЦ	21	0,04
Кисень	8	0,02
Вода питна ЕСЦ	7	0,02
Вода технічна	6	0,01
Вода гаряча	28	0,06
Каналізація	9	0,02
Пара	21	0,04
Головна насосна станція	6	0,14
Всього	48 705	100,00

2.3 Споживання електроенергії основним обладнанням

Обладнання вказане в пунктах 1-8 таблиці 2.8 є основним обладнанням, що працює сумісно. Обладнання вказане в пунктах 9 - 18 згідно цих таблиць оцінюється як допоміжне. Крани цеху працюють по одному на дільниці. Освітлення цеху повинно працювати 8760 годин на рік для безпеки праці.

У таблиці 2.8 наведене обладнання яке працює у ковальському цеху.

Таблиця 2.8 – Споживачі електроенергії ковальського цеху

№	Наименование	Кількість роботи, год/рік	Потужність, кВт
1	2	3	4
1	РКМ-1000	6574	1960
2	Відрізний верстат ГД-146	1465	187
3	Кільцеві пічі	7305	170
4	Дуттьові вентилятори РКМ-1000	8022	120
5	Насосна РКМ-1000	8755	142
6	Машина РКМ - 340	2875	510
7	Відрізний верстат ГД - 139	745	171
8	Піч з кроковим подом	2188	140
9	Насосна РКМ - 340	2875	151,5
10	Комплекс молота № 5	3456	63,5
11	Верстат М7400 № 3	5779	88,5
12	Верстат М7400 № 4	5835	88,5
13	Вентиляція верстат М7400 № 3	5843	18,5
14	Вентиляція верстат М7400 № 4	5827	18,5

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
15	Верстат 2A1749 № 1	2899	165,5
16	Верстат 2A1749 № 2	2932	165,5
17	Стрічкопилний верстат 8A544	5856	12
18	Верстат фрезерно-стругальний 7Б212Г	7309	198,15
19	Прес правки осьової заготівлі	4309	58,5
20	Стрічкопилний верстат ЛПУ-500	5802	12
21	Установка фрезеровки торців осьової заготівлі	2922	21
22	Підвісні наждаки	102	9
23	Передатні тележки	523	35,5
24	Освітлення цеху	8760	158
25	Крани 14 шт.	2566	471,5
	Всього		5 933

На рисунку 2.1 показана потужність основного обладнання із таблиці 2.8.

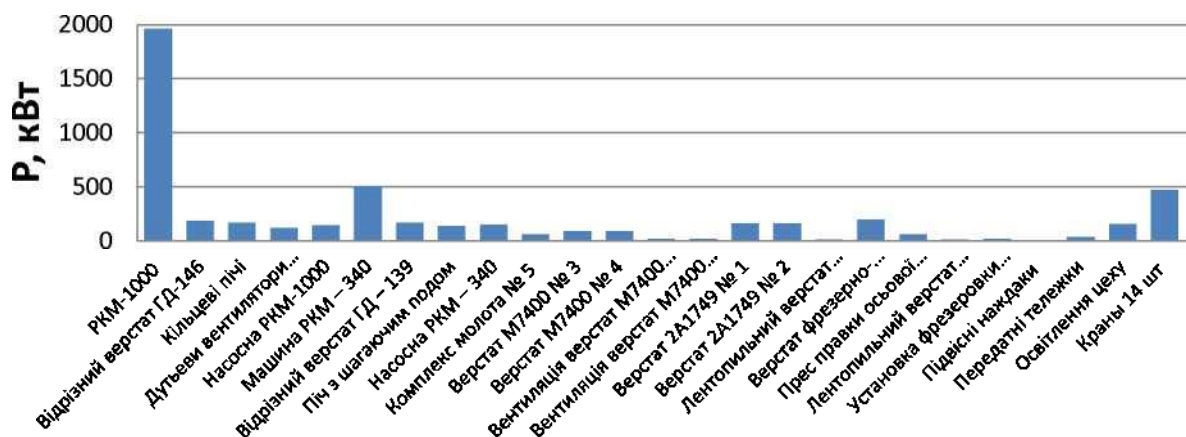


Рисунок 2.1 - Потужність основного обладнання ковальського цеху

2.4 Характеристика споживачів ковальського цеху. Розрахунок втрат електричної енергії

На рисунку 2.2. показаний план ковальського цеху із зображенням 4 трансформаторні підстанції КТП 231-232, КТП-213, ТП-62, КТП-230.

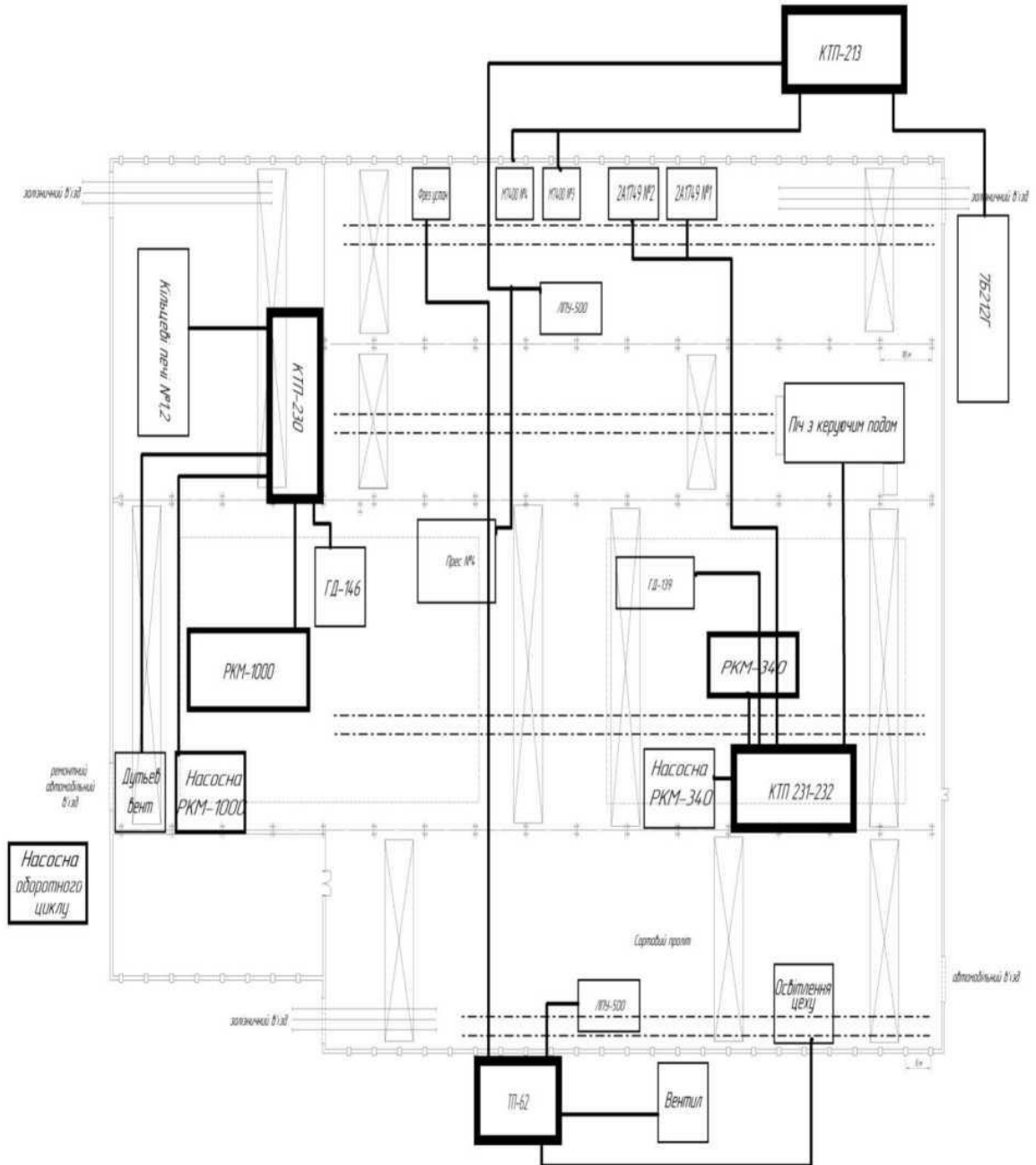


Рисунок 2.2 – План ковальського цеху

У таблиці 2.9 показане основне обладнання ковальського цеху яке працює від підстанцій КТП 231-232, КТП-213, ТП-62 та КТП-230 з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів.

Таблиця 2.9 – Обладнання ковальського цеху яке працює від підстанцій КТП 231-232, КТП-213, ТП-62 та КТП-230 з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів

№	Наименование	Коефіцієнт одночасності роботи механізмів	Потужність, кВт
1	2	3	4
1	РКМ-1000	0,7	490
2	РКМ-340	0,7	357
3	Освітлення цеху	1	158
4	Верстат 7Б212Г	0,7	139
5	Верстат ГД-146	0,7	130,9
6	Верстат ГД-139	0,7	120
7	Верстат 2А1749№1	0,7	116
8	Верстат 2А1749№2	0,7	116
9	Оборотний цикл	0,7	80
10	Верстат М7400 №3	0,7	62
11	Верстат М7400 №4	0,7	62
12	Столова	0,2	55
13	Вентиляція верстатів сорту	0,7	55
14	Дуттьові вентилятори	0,23	32
15	Насосна РКМ-340	0,2	30
16	ЩСУ битовок	0,2	28
17	Піч з керуючим подом	0,1	14
18	Інше обладнання	0,1	253

На рисунку 2.3 показано обладнання ковальського цеху яке працює від підстанцій КТП 231-232, КТП-213, ТП-62 та КТП-230 з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів.

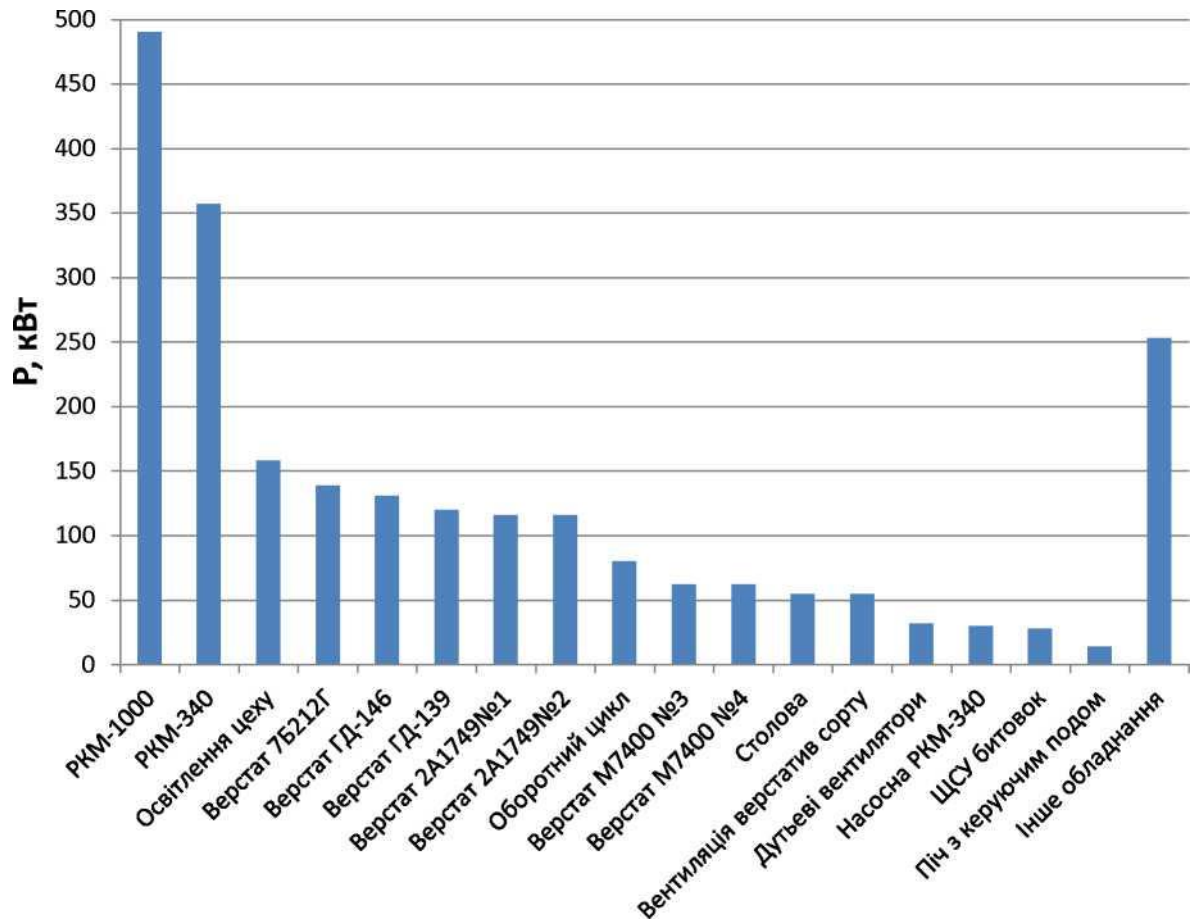


Рисунок 2.3 – Обладнання ковальського цеху яке працює від підстанцій КТП 231-232, КТП-213, ТП-62 та КТП-230 з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів

Як видно з рисунку 2.3 найбільші споживачі електричної енергії це РКМ-1000, РКМ-340, освітлення цеху, верстат 7Б212Г. На рисунку 2.4 зображена електрично принципова схема КТП 231-232.

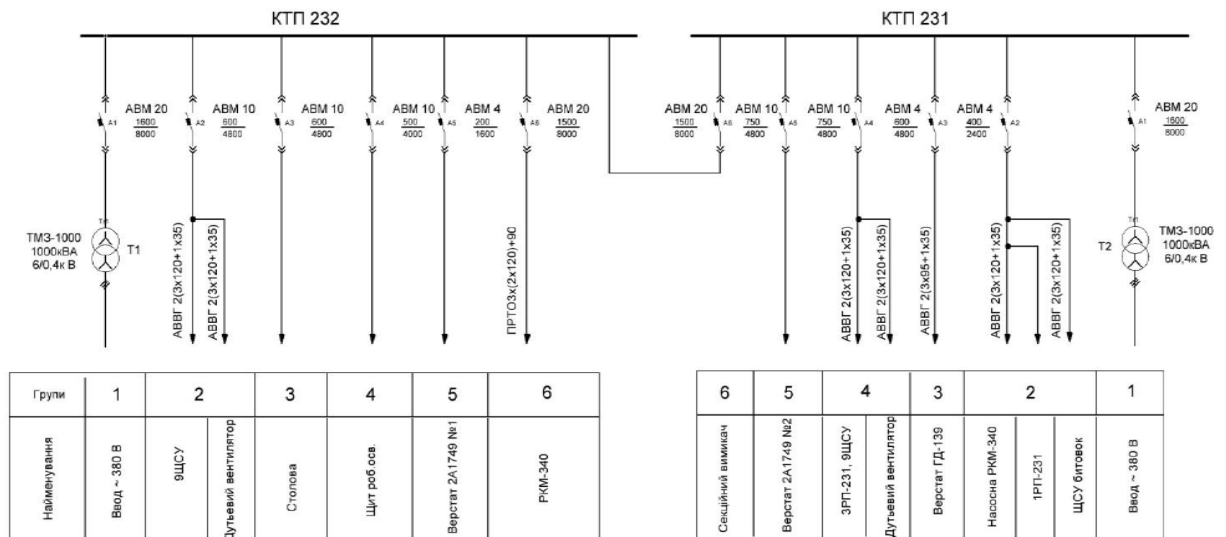


Рисунок 2.4 - Електрично принципова схема КТП 231-232

Розрахунки для пічі з керуючим подом.

Струм у кабельній лінії

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot U_{л}},$$

де P - активна потужність передана по лінії, кВт;

U - лінійна напруга мережі, В;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності, в.о.

$$I = \frac{140\,000}{\sqrt{3} \cdot 0,92 \cdot 380} = 231 \text{ А.}$$

Втрати напруги у кабельної лінії

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I (R \cdot \cos \varphi \cdot l + X \cdot \sin \varphi \cdot l),$$

де R - питомий активний опір кабельної лінії, Ом/м; $R = 0,24$ Ом/м;

X - питомий індуктивний опір кабельної лінії, Ом/м; $X = 0,06$ Ом/м;

l - довжина кабельної лінії, м.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 231(0,24 \cdot 0,92 \cdot 0,065 + 0,06 \cdot 0,39 \cdot 0,065) = 6,34 \text{ В.}$$

Втрати активної потужності у кабельної лінії

$$\Delta P = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

$$\Delta P = \sqrt{3} \cdot 6,34 \cdot 231 \cdot 0,92 = 2,33 \text{ кВт.}$$

Втрати активної потужності у кабельної лінії з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів

$$\Delta P_{од} = K_{од} \cdot \Delta P,$$

де $K_{од}$ - коефіцієнт одночасності роботи механізмів згідно технічного паспорта обладнання; $K_{од} = 0,1$.

$$\Delta P_{од} = 0,1 \cdot 2,33 = 0,23 \text{ кВт.}$$

Втрати активної енергії обладнанням за рік

$$\Delta W_p = \Delta P_{од} \cdot t_p,$$

де t_p – середнє значення годин роботи устаткування за рік згідно економічного звіту за 2018 року, год; $t_p = 2188$ год.

$$\Delta W_p = 0,23 \cdot 2188 = 503 \cdot \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість втрат електричної енергії

$$C_{ел} = \Delta W_p \cdot T_w,$$

де T_w - тариф на електроенергію, грн; $T_w = 2,45 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год.}$

$$C_{ел} = 503 \cdot 2,45 = 1233 \text{ грн.}$$

Розрахунки іншого обладнання приведені у таблицях 2.10 - 2.11.

Таблиця 2.10 - Втрати напруги та потужності в мережі споживачами КТП 231 - 232

Споживачі	Потужність, кВт	Перетин кабелю, мм ²	Довжина кабелю, м	Втрати	
				Напруги, В	Потужнос ті, кВт
1	2	3	4	5	6
Піч з керуючим подом	140	120	65	6,34	2,33
Дутьєві вентилятори	90	120	45	2,83	0,67
Верстат 2А1749№1	165,5	120	98	11,34	4,95
РКМ-340	510	120	30	10,68	14,34
Верстат 2А1749№2	165,5	120	112	12,96	5,65
Дильниця печі з	12	120	50	0,42	0,01
Верстат ГД-139	171	95	46	6,95	3,13
Насосна РКМ-340	151,5	120	36	3,80	1,51
ЩСУ битовок	56	120	85	3,34	0,49

Як видно з таблиці 2.10 найбільші втрати напруги та потужності на машині РКМ-340, верстатах 2А1749 №1 та 2А1749 №2. В таблиці 2.11 відображені втрати електричної енергії споживачами КТП 231-232 та вартість за неї.

Таблиця 2.11 - Втрати електричної енергії та вартість за неї, споживачами КТП 231-232, з урахуванням коефіцієнта одночасності роботи обладнання та кількості годин роботи за рік

Споживачі	Втрати електричної енергії, кВт • год	Вартість втрат електричної енергії, грн
1	2	3
Піч з керуючим подом	503	1233
Дутьєві вентилятори	1326	3249
Верстат 2А1749№1	10 060	24 646
РКМ-340	28 865	70 719
Верстат 2А1749№2	11 611	28 446
Верстат ГД-139	1632	3997
Насосна РКМ-340	662	1621
ЩСУ битовок	2190	5366

Як видно з таблиці 2.11, найбільші показники витрат на машині РКМ-340, верстатах 2А1749 №1 та 2А1749 №2. На рисунку 2.5 зображено втрати напруги в мережі споживачами КТП 231-232.

З рисунку 2.5 видно, що найменші втрати напруги на ділянці печі з керуючим подом. На рисунку 2.6 зображена залежність втрат потужності в мережі споживачами КТП231-232.

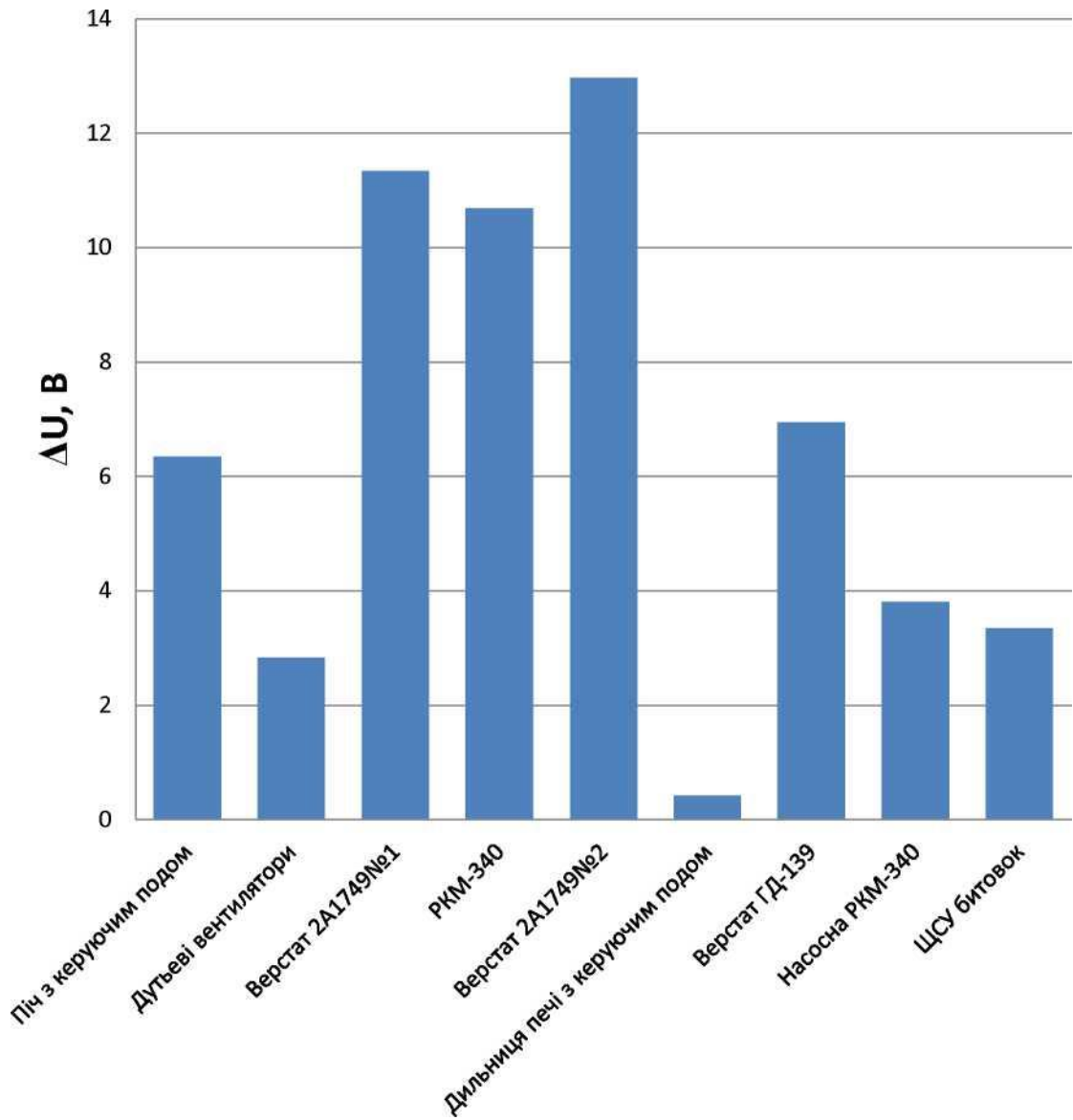


Рисунок 2.5 - Втрати напруги в мережі споживачами від КТП 231-232

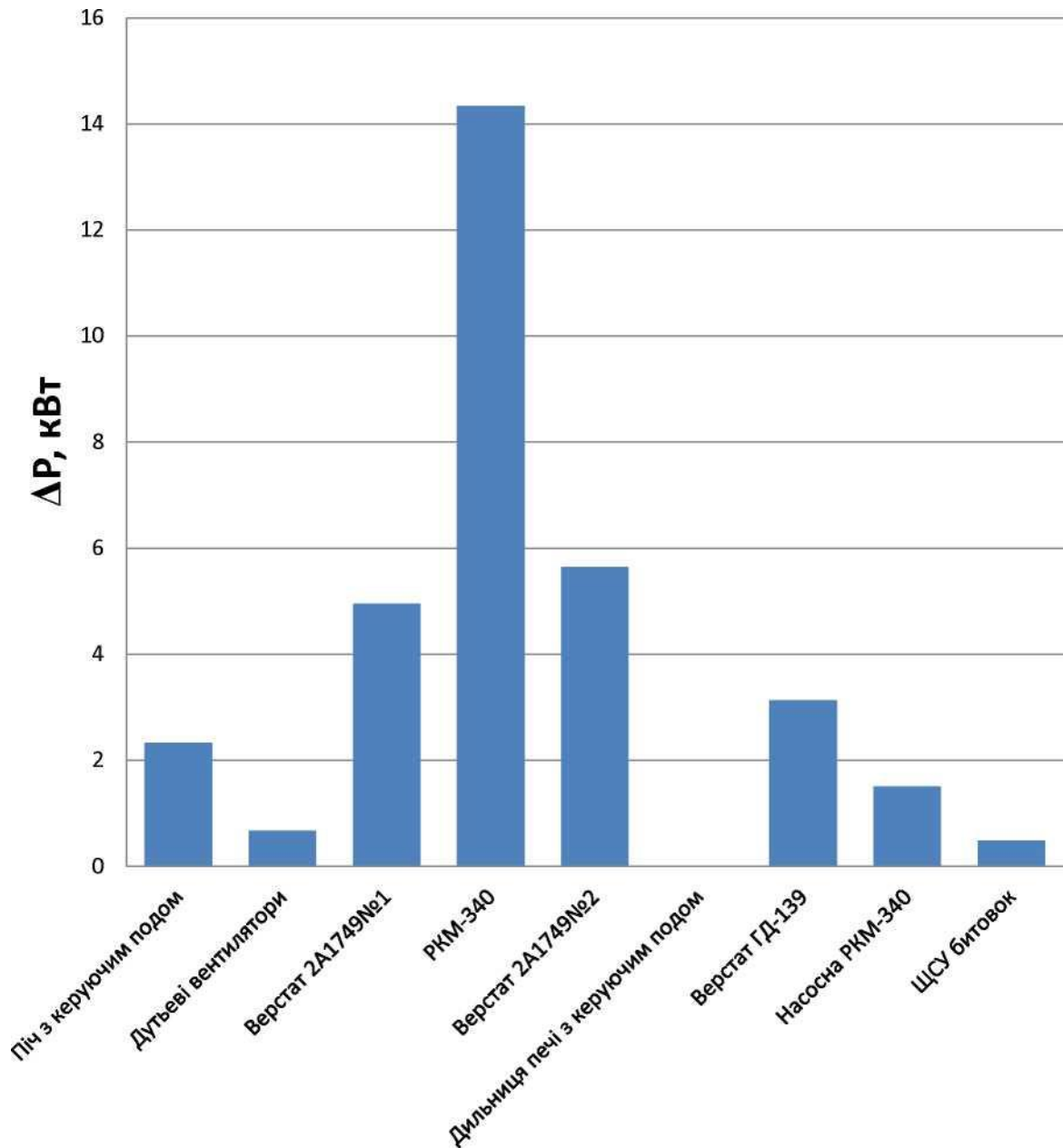


Рисунок 2.6 - Втрати потужності в мережі споживачами КТП 231-232

З рисунку 2.6 видно що найбільши втрати потужності у РКМ-340. А на верстатах 2A1749 №1 та 2A1749 №2 приблизно вдвічі менше.

На рисунку 2.7 зображена електрично принципова схема КТП-213. В таблицях 2.12- 2.13 приведені аналогічні розрахунки для споживачів КТП-213 як і до КТП 231-232.

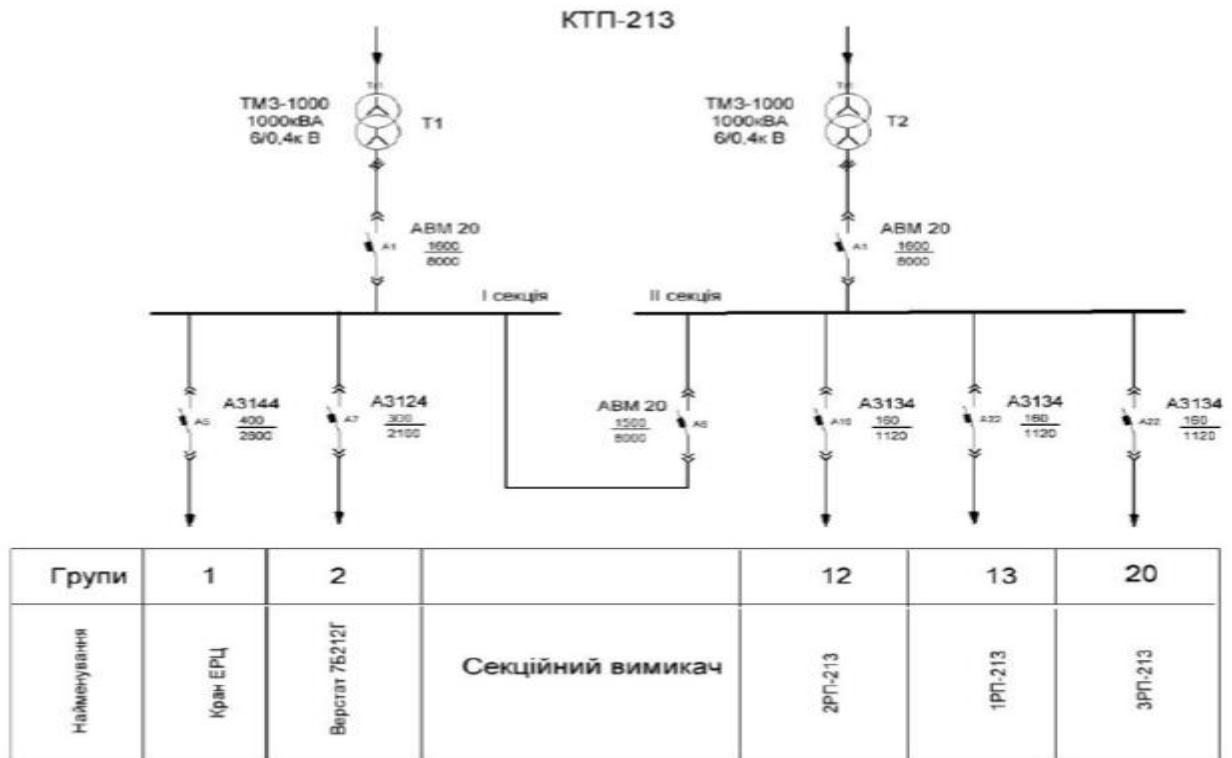


Рисунок 2.7 – Принципова електрична схема КТП-213

Таблиця 2.12 – Втрати напруги та потужності в мережі споживачами КТП-213

Споживачі	Потужність, кВт	Перетин кабелю, мм ²	Довжина кабелю, м	Втрати	
				Напруги, В	Потужності, кВт
Верстат М7400 №3	88,5	120	50	3,08	0,72
Верстат М7400 №4	88,5	120	62	3,82	0,89
Верстат ЛПУ-500	12	120	80	0,68	0,02
Прес №4	58,5	120	87	3,57	0,55
Верстат 7Б212Г	198,15	120	48	6,65	3,47

Як видно з таблиці 2.12, найбільші втрати напруги та потужності на машині верстаті 7Б212Г. В таблиці 2.13 відображені втрати електричної енергії споживачами КТП-213 та вартість за неї.

Таблиця 2.13 – Втрати електричної енергії та вартість за неї, споживачами КТП -213, з урахуванням коефіцієнта одночасності роботи обладнання та кількості годин роботи за рік

Споживачі	Втрати електричної енергії, кВт • год	Вартість втрат електричної енергії, грн
Верстат М7400 №3	2890	7079
Верстат М7400 №4	3618	8863
Верстат ЛПУ-500	58	142
Прес №4	1681	4117
Верстат 7Б212Г	17761	43 514

Як видно з таблиці 2.13 найбільші показники витрат у верстата 7Б212Г. На рисунку 2.8 зображено втрати напруги в мережі споживачами КТП-213.

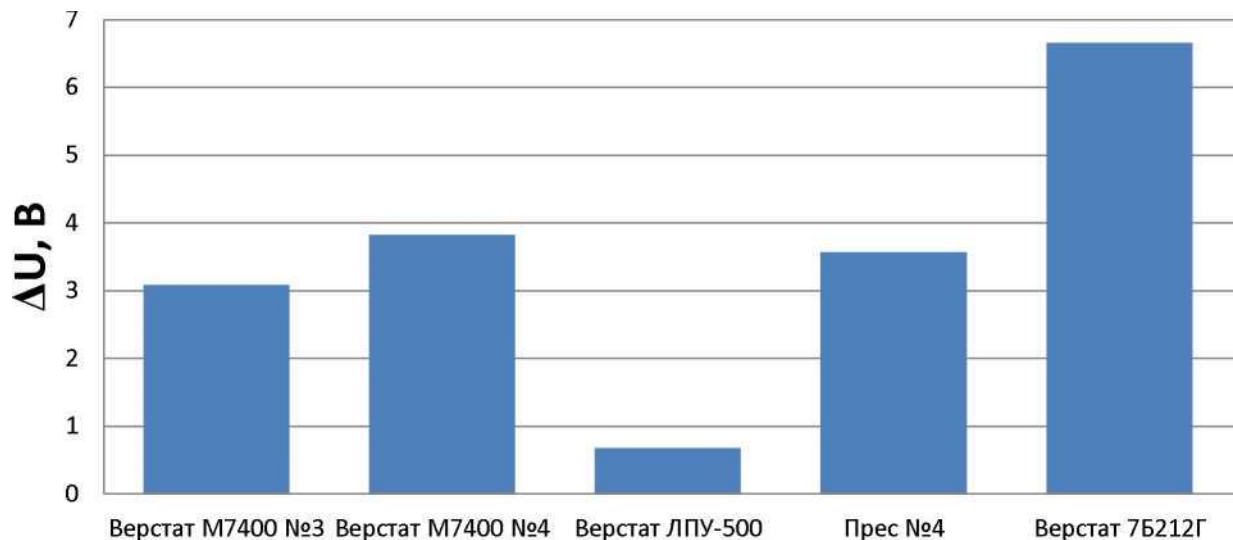


Рисунок 2.8 – Втрати напруги в мережі споживачами КТП-213

З рисунку 2.8 видно що найменші втрати напруги у верстата ЛПУ-500. На рисунку 2.9 зображена залежність втрат потужності в мережі споживачами КТП-213.

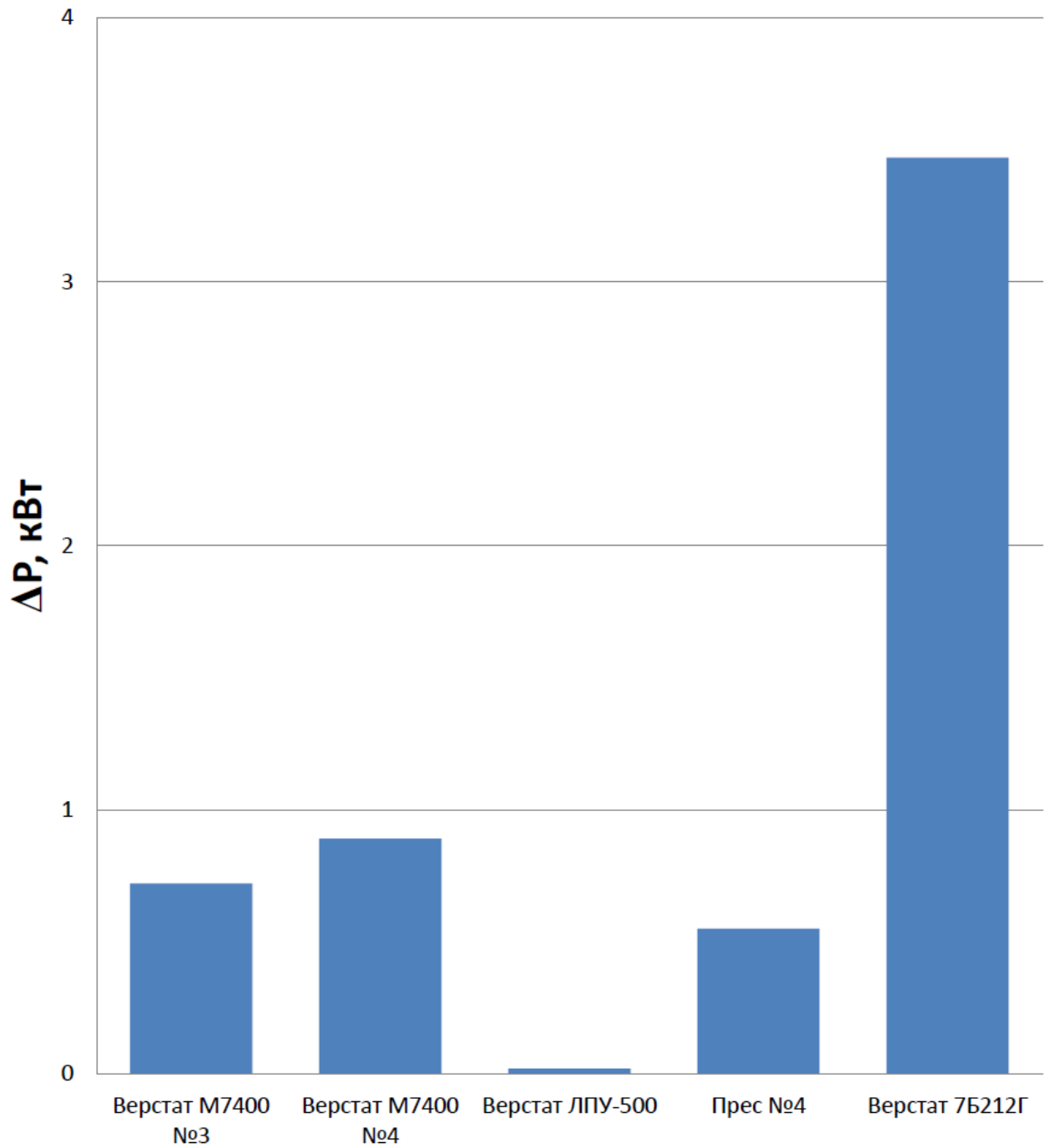


Рисунок 2.9 – Втрати потужності в мережі споживачами КТП-213

З рисунку 2.9 видно що найбільші втрати потужності у верстата 7Б212Г, а найменші у верстата ЛПУ-500. На рисунку 2.10 зображена електрично принципова схема ТП-62.

В таблицях 2.14 - 2.15 приведені аналогічні розрахунки для споживачів ТП-62 як і до КТП 231-232.

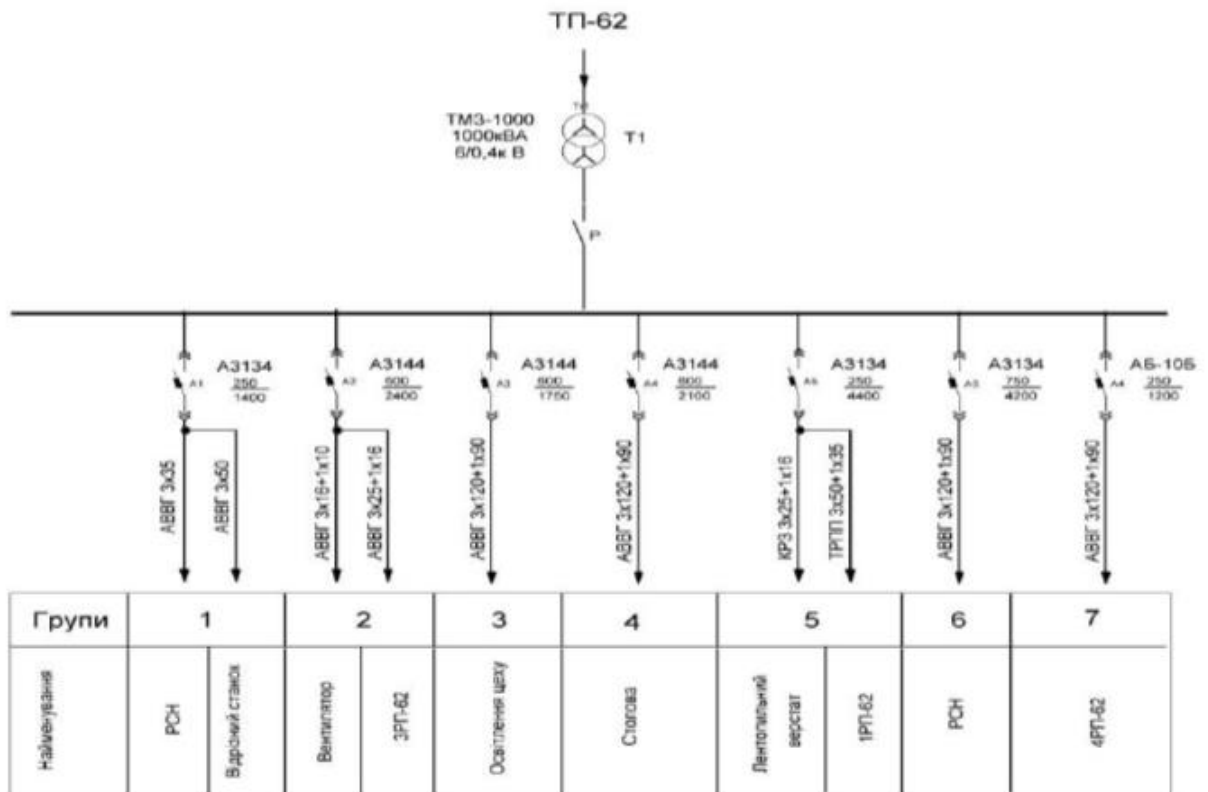


Рисунок 2.10 – Електрично принципова схема ТП-62

Таблиця 2.14 – Втрати напруги та потужності в мережі споживачами ТП 62

Споживачі	Потужність, кВт	Перетин кабелю, мм ²	Довжина кабелю, м	Втрати	
				Напруги, В	Потужності, кВт
1	2	3	4	5	6
Візок №1	5	10	45	1,70	0,02
Візок №8	7,5	10	62	3,51	0,07
Вентиляція верстата М7400 №3	18,5	25	136	8,02	0,40
Вентиляція верстата М7400 №4	18,5	25	118	6,96	0,34
Відрізний верстат	35	50	37	2,10	0,19
Столова	55	120	169	6,50	0,94
Вентиляція верстатів сорту	55	16	41	11,08	1,60
Стрічкопильний	12	25	32	1,22	0,04
Освітлення цеху	158	120	72	7,94	3,30
Фрезерна установка	21	35	106	5,11	0,28

Як видно з таблиці 2.14, найбільші втрати напруги та потужності на вентиляціях верстату сорту, М7400 №3, М7400 №4. В таблиці 2.15 відображені втрати електричної енергії споживачами ТП-62 та вартість за неї.

Таблиця 2.15 – Втрати електричної енергії та вартість за неї, споживачами ТП-62, з урахуванням коефіцієнта одночасності роботи обладнання та кількості годин роботи за рік

Споживачі	Втрати електричної енергії, кВт • год	Вартість втрат електричної енергії, грн
Вентиляція верстата М7400 №3	1636	4008
Вентиляція верстата М7400 №4	1398	3426
Відрізний верстат	189	463
Столова	554	1358
Вентиляція верстатів сорту	2437	5971
Стрічкопильний верстат	176	430
Освітлення цеху	28 908	70 825
Фрезерна установка	584	1432

Як видно з таблиці 2.15 найбільші показники витрат у освітлення цеху а найменше у відрізного верстата. На рисунку 2.11 зображено втрати напруги в мережі споживачами ТП-62.

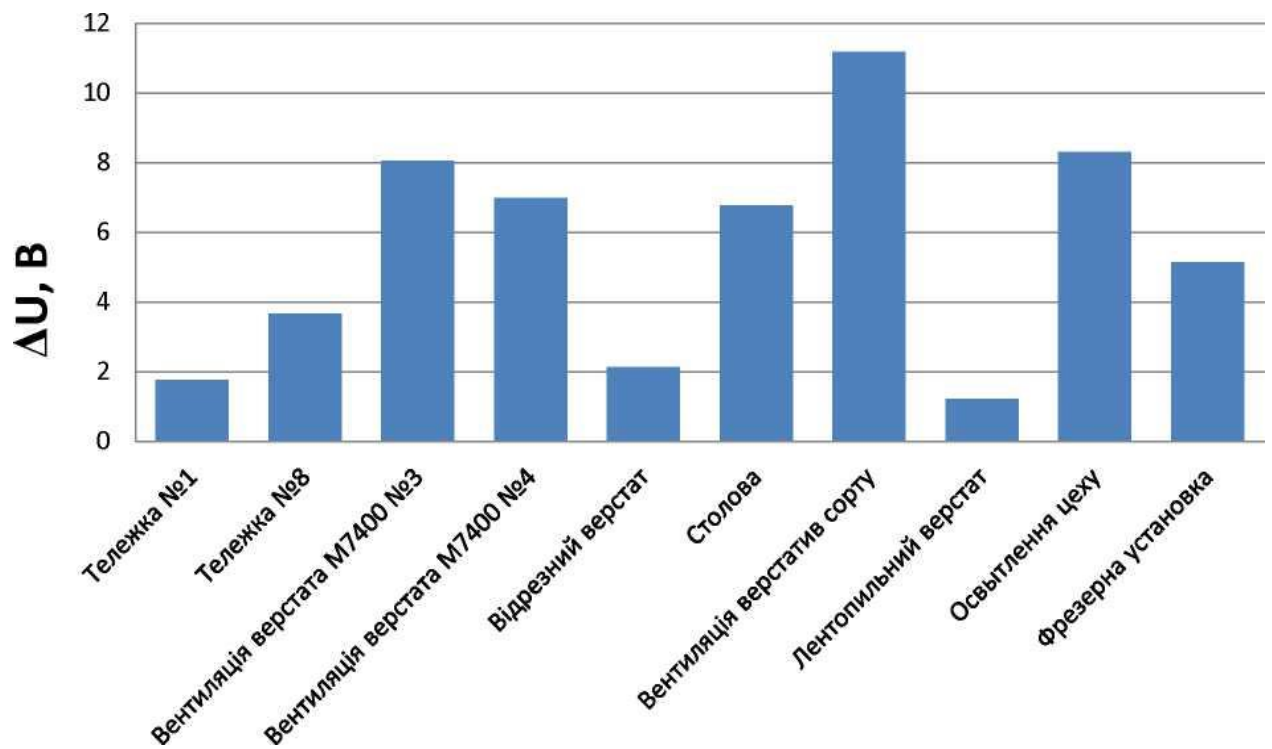


Рисунок 2.11 - Втрати напруги в мережі споживачами ТП-62

З рисунку 2.11 видно що найменші втрати напруги у тележки №1, стрічкопильного та відрізного верстатів. На рисунку 2.12 зображена залежність втрат потужності в мережі споживачів ТП-62.

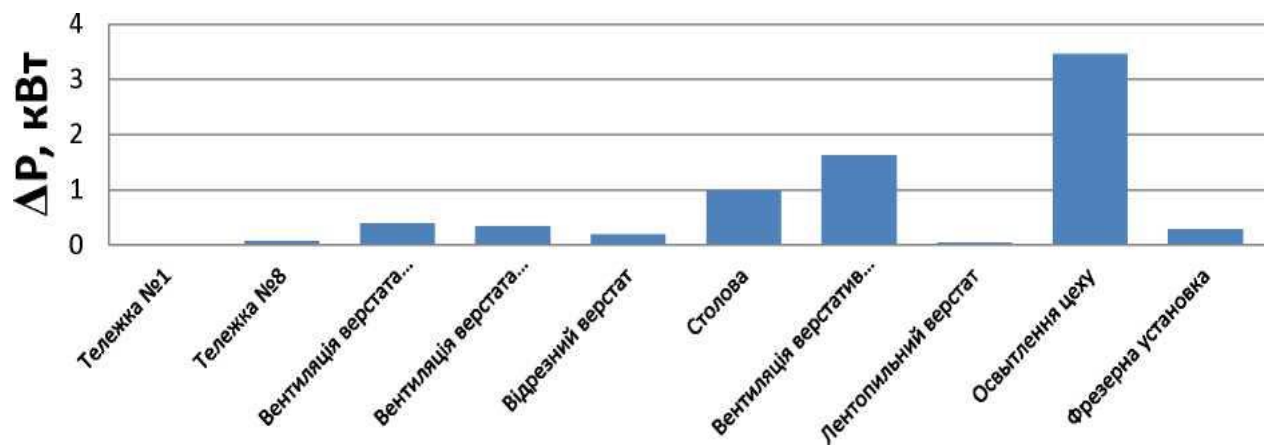


Рисунок 2.12 – Втрати потужності в мережі споживачами ТП-62

З рисунку 2.12 видно що найбільші втрати потужності у освітлення цеху а найменші це візок №1, №8 та стрічкопильний верстат.

На рисунку 2.13 зображена електрично принципова схема ТП-230.

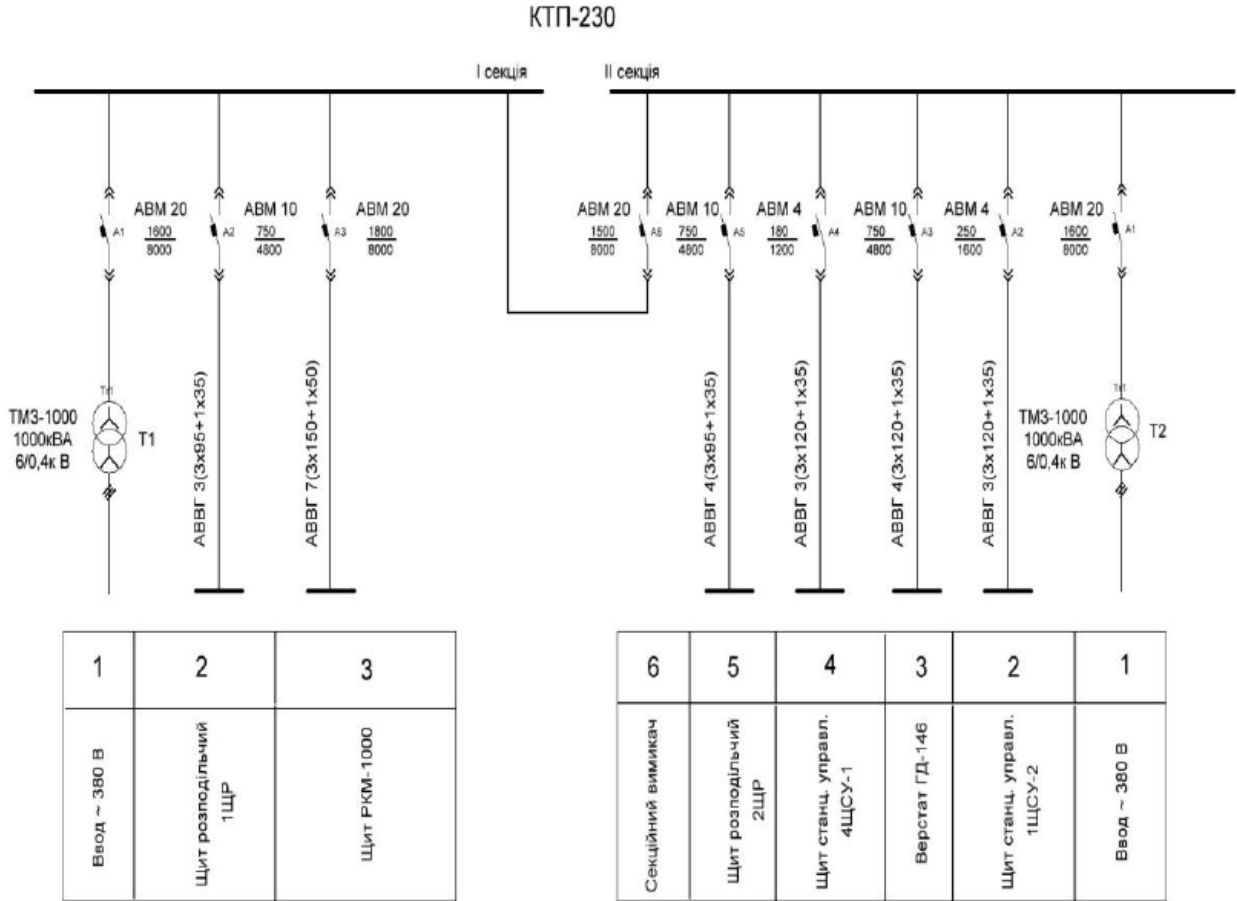


Рисунок 2.13 – Споживачі КТП-230

В таблицях 2.16 - 2.17 приведені аналогічні розрахунки для споживачів КТП-230 як і до КТП 231-232.

Таблиця 2.16 – Втрати напруги та потужності в мережі споживачами КТП-230

Споживачі	Потужність, кВт	Перетин кабелю, мм ²	Довжина кабелю, м	Втрати	
				Напруги, В	Потужності, кВт
1	2	3	4	5	6
РКМ-1000	700	150	67	27,81	26,61
Піногенераторна	70	120	88	4,31	0,80
Верстат ГД-146	187	120	52	6,79	3,34
Дуттьові вентилятори	120	95	85	8,99	2,83
Кільцеві пічі	170	120	35	4,15	1,86
Насосна РКМ-1000	142	120	87	8,64	3,23
Мастилосклад, в'їзні ворота	21	120	67	0,99	0,06
Верстат ВДМ-1601	15	50	67	1,64	0,07
Освітлення приміщення КВП, маслопідвал	5	35	65	0,72	0,01
Освітлення приміщень аварійне	50	120	27	0,95	0,13
Дільниця наплавки бійків	12	35	56	1,54	0,05
Дільниця допоміжних механізмів РКМ-1000	16	95	67	0,93	0,04
Допоміжне обладнання пічного прол.	5	35	68	0,75	0,01

Як видно з таблиці 2.16 найбільші втрати напруги та потужності у машини РКМ-1000. В таблиці 2.17 відображені втрати електричної енергії споживачами КТП-230 та вартість за неї.

Таблиця 2.17 – Втрати електричної енергії та вартість за неї, споживачами КТП-230, з урахуванням коефіцієнта одночасності роботи обладнання та кількості годин роботи за рік

Споживачі	Втрати електричної енергії, кВт • год	Вартість втрат електричної енергії, грн
РКМ-1000	235678	577411
Верстат ГД-146	3428	8399
Дут'єві вентилятори	5214	12 775
Кільцеві пічі	3433	8412
Насосна РКМ-1000	5691	13 942
Верстат ВДМ-1601	438	1073
Освітлення приміщ КВП, маслопідвал	88	215
Освітлення приміщень аварійне	1139	2790
Дільниця наплавки бійків	147	360
Дільниця допоміжних механізмів РКМ-1000	44	108

Як видно з таблиці 2.17 найбільші показники витрат у машини РКМ-1000. На рисунку 2.14 зображено втрати напруги в мережі споживачами КТП-230.

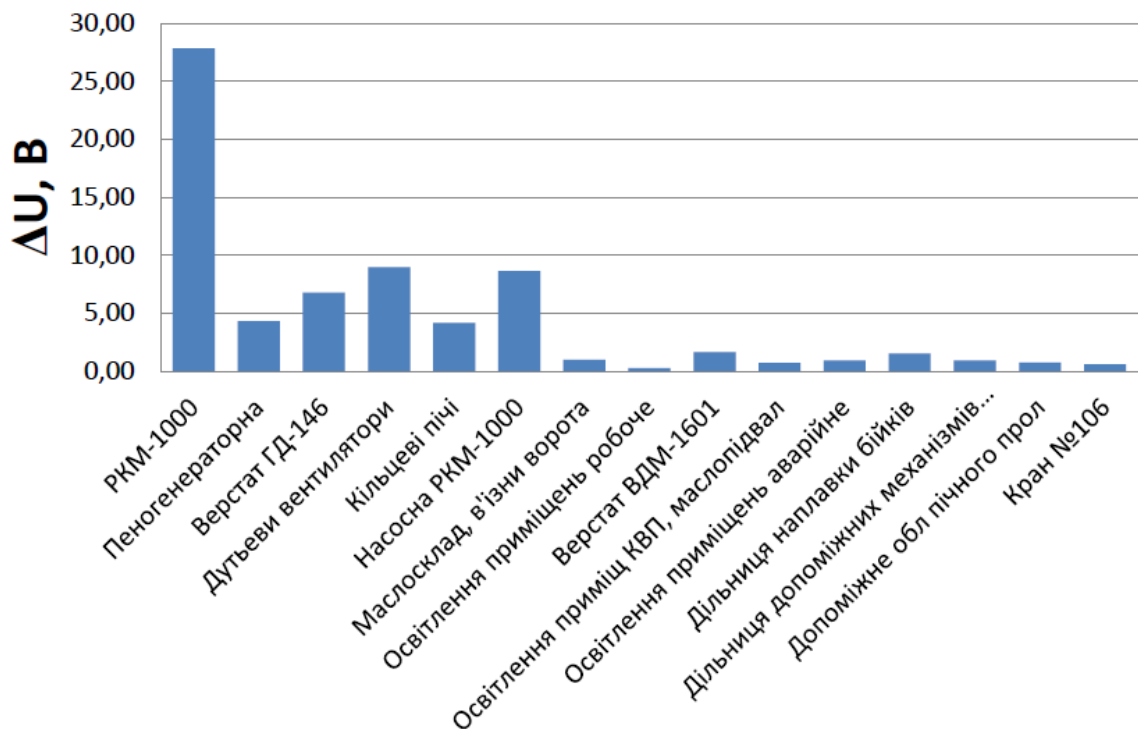


Рисунок 2.14 – Втрати напруги в мережі споживачами КТП-230

З рисунку 2.14 видно що найменші втрати напруги у освітленні масло підвалів та допоміжних приміщень. На рисунку 2.15 зображена залежність втрат потужності в мережі споживачів КТП-230.

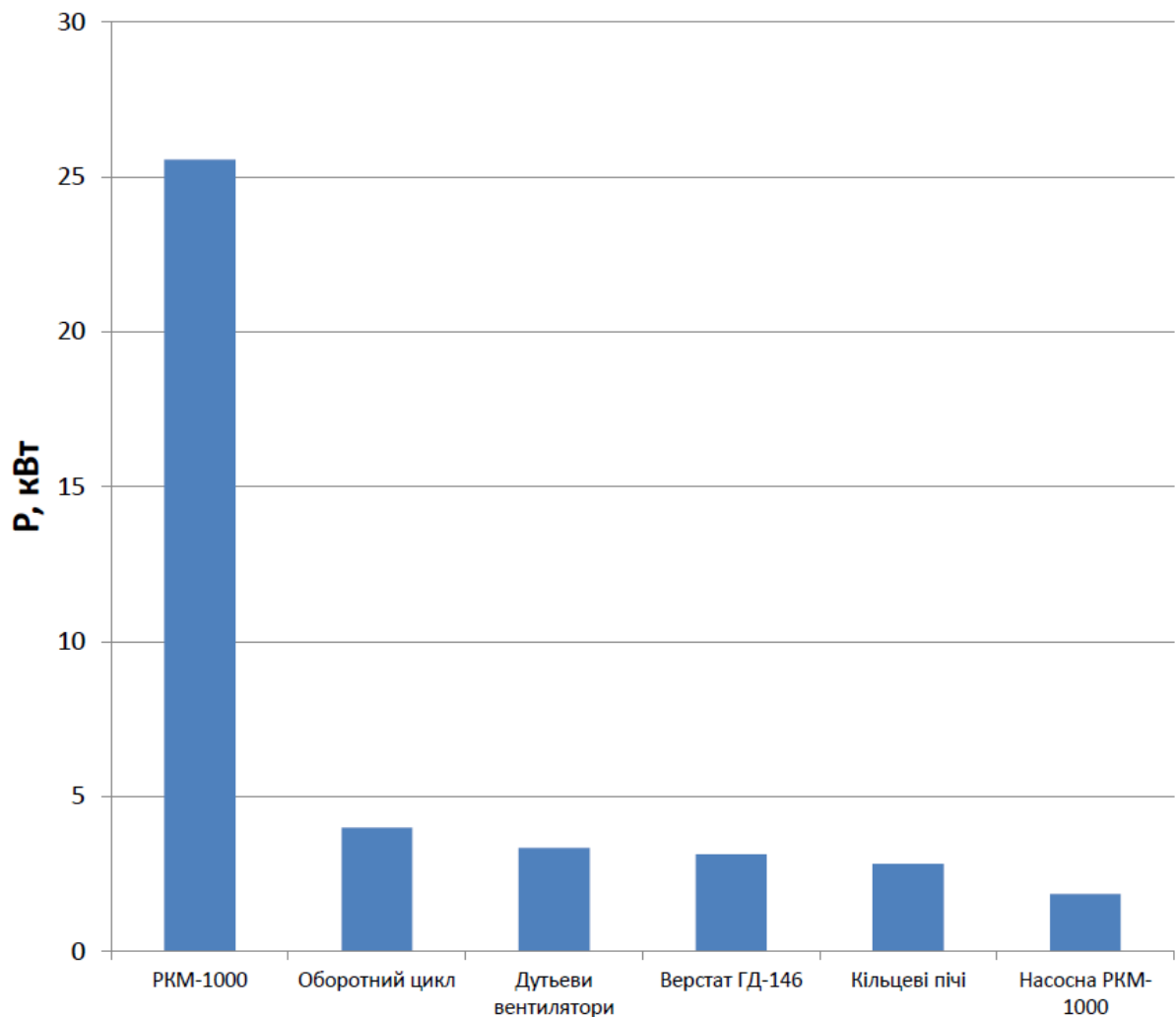


Рисунок 2.15 – Втрати потужності в мережі споживачами КТП-230

З рисунку 2.15 видно що найбільші втрати потужності машини РКМ-1000.

2.5 Розрахунки втрат на трансформаторних підстанціях

Втрати в трансформаторі КТП 231-232 Т1. Коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$\beta = \frac{S_p}{S_n},$$

де S_p - розрахункова потужність трансформатора, кВА;

S_H - номінальна потужність трансформатора, кВА.

$$\beta = \frac{406,1}{1000} = 0,41.$$

Сумарні втрати активної потужності в трансформаторі

$$\Sigma \Delta P_m = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \beta^2,$$

де $\Delta P_{кз}$ – потери короткого замыкания, кВт; $\Delta P_{кз} = 12,6$ кВт;

$\Delta P_{x.x}$ – втрати холостого ходу, кВт; $\Delta P_{x.x} = 2,4$ кВт.

$$\Sigma \Delta P_m = 2,4 + 12,6 \cdot 0,41^2 = 4,52 \text{ кВт.}$$

Сумарні втрати реактивної потужності в трансформаторі

$$\Sigma \Delta Q_m = \left(\frac{I_0}{100} + \beta^2 \cdot \frac{U_{кз}}{100} \right) \cdot S_H,$$

де I_0 - струм холостого ходу, %; $I_0 = 2,6$ %.

$U_{кз}$ - напруга короткого замикання для обмоток ВН-НН, %; $U_{кз} = 5,79$ %;

$$\Sigma \Delta Q_m = \left(\frac{2,6}{100} + 0,41^2 \cdot \frac{5,79}{100} \right) \cdot 1000 = 36,03 \text{ кВАр;}$$

Сумарні втрати повної потужності в трансформаторі

$$\Sigma \Delta S_m = \sqrt{\Sigma \Delta P_m^2 + \Sigma \Delta Q_m^2},$$

$$\Sigma \Delta S_m = \sqrt{4,52^2 + 36,03^2} = 36,31 \text{ кВА.}$$

Розрахунки втрат інших трансформаторів приведено у таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Втрати у трансформаторах ковальського цеху

Трансформаторна підстанція	коефіцієнт завантаження трансформатора	Потужність		
		Активна, кВт	Реактивна, кВАр	Повна, кВА
КТП-231-231 Т1	0,41	4,52	36,03	36,31
КТП-231-231 Т2	0,41	4,2	32,16	32,43
КТП-213 Т1	0,16	2,72	27,28	27,91
КТП-213 Т2	0,16	2,78	28,61	28,74
ТП-62	0,28	3,63	32,91	33,11
КТП-230 Т1	0,45	4,37	29,72	30,04
КТП-230 Т2	0,45	4,39	30,06	30,38

Як видно з таблиці 2.18 найбільші втрати у трансформаторах КТП 231-232, а найменші у трансформаторах КТП-213.

2.6 Втрати активної потужності у головних приводів РКМ-1000

У ковальському цеху працює 4 електродвигуни типу RV-502/6-8b потужністю 630 кВт, які напругою 6 кВ. В роботі постійно знаходиться два двигуни інші два у резерві.

Двигуни мають ремонтні номери А05-289, А05-231, А05-74, А05-73.

У таблицях 2.19 - 2.24 представлені заміри характеристик електродвигунів зроблені при роботі РКМ-1000.

Таблиця 2.19 – Робота двигунів А05-231 та А05-289 РКМ-1000 на холостому ході молотів

Найменування	Позначення	Од. виміру	Головний привід №1		Головний привід №2	
			Значення	%	Значення	%
Діюче значення струму	I	А	40,8	51,6	30,5	38,7
Максимальне значення струму	I_{max}	А	42,8	54,2	32,7	41,4
Середнє значення активної потужності, споживаної з мережі	P_{cp}	кВт	403,4	64	302,7	48
Повна потужність	S	кВА	439,1		327,9	
Реактивна потужність	Q	кВАр	173,5		126,1	
Коефіцієнт потужності	$\cos\phi$	о.е	0,919		0,923	

На рисунку 2.16 зображено графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-231 та А05-289 (варіант 1).

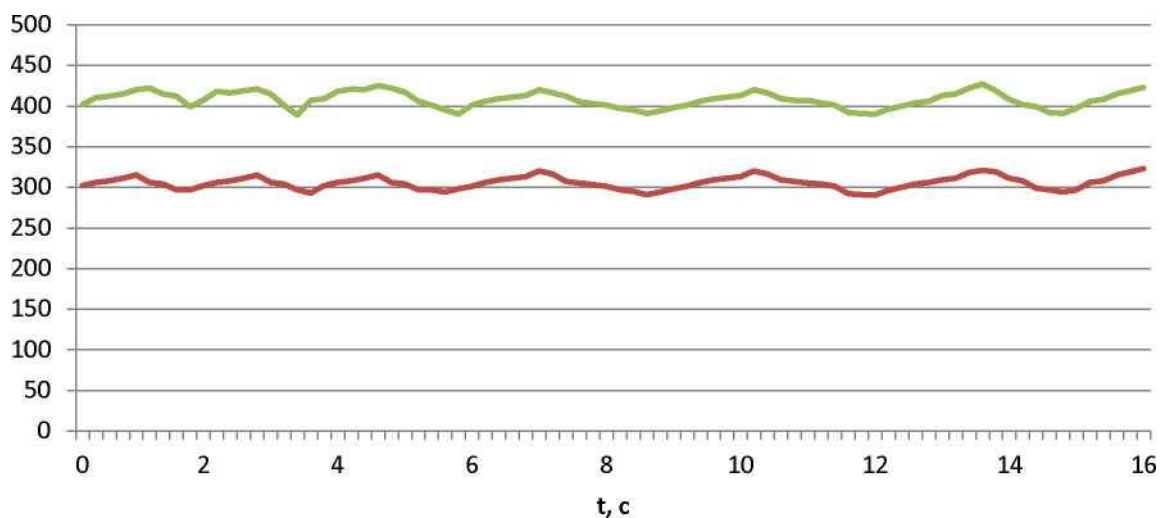


Рисунок 2.16 – Графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-231 та А05-289

Таблиця 2.20 – Робота двигунів А05-73 та А05-289РКМ-1000 на холостому ході молотів

Найменування	Позначення	Од. виміру	Головний привід №1		Головний привід №2	
			Значення	%	Значення	%
Діюче значення струму	I	А	44,5	56,3	28,3	35,8
Максимальне значення струму	I _{max}	А	46,5	58,9	30,1	38,1
Середнє значення активної потужності, споживаної з мережі	P _{ср}	кВт	440	69,8	291,2	46,2
Повна потужність	S	кВА	494		312,3	
Реактивна потужність	Q	кВАр	188		118	
Коефіцієнт потужності	cosφ	о.е	0,89		0,93	

На рисунку 2.17 зображено графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-73 та А05-289 (варіант 2).

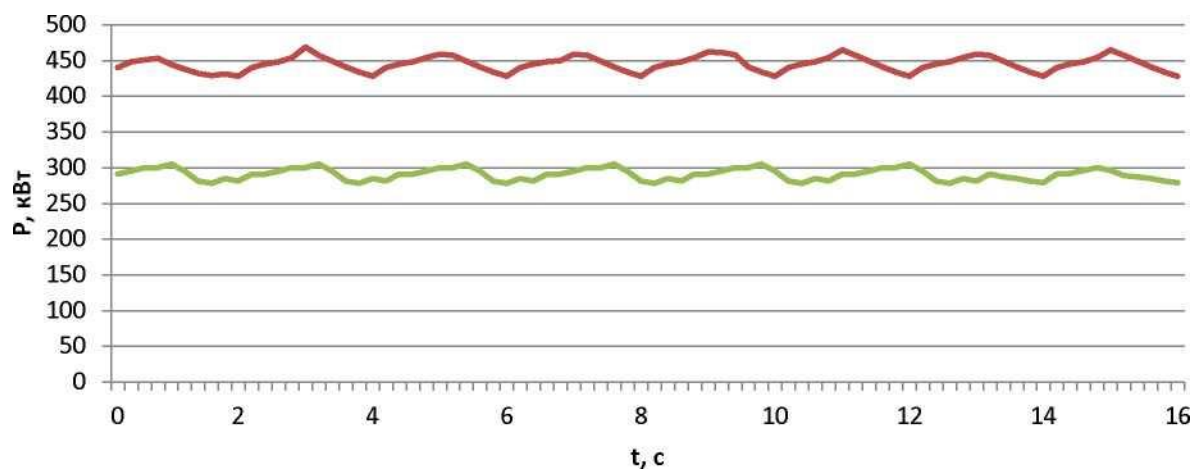


Рисунок 2.17 – Графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-73 та А05-289

Таблиця 2.21 – Робота двигунів А05-73 та А05-289РКМ-1000 на холостому ході
МОЛОТІВ

Найменування	Позначення	Од. виміру	Головний привід №1		Головний привід №2	
			Значення	%	Значення	%
Діюче значення струму	I	А	42,3	53,5	29,8	37,7
Максимальне значення струму	I_{max}	А	44,5	56,3	31,5	39,9
Середнє значення активної потужності, споживаної з мережі	P_{cp}	кВт	415,6	66	296,9	47,1
Повна потужність	S	кВА	476		316,7	
Реактивна потужність	Q	кВАр	233		114	
Коефіцієнт потужності	$\cos\phi$	о.е	0,87		0,93	

На рисунку 2.18 зображено графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-73 та А05-289 (варіант 3)

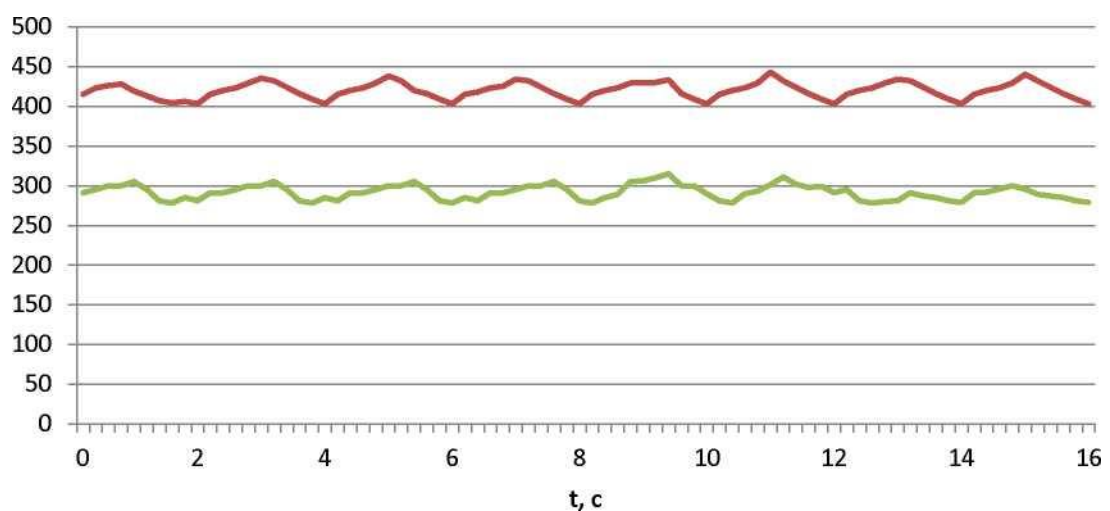


Рисунок 2.18 – Графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-73 та А05-289

Таблиця 2.22 – Робота двигунів А05-231 та А05-74 РКМ-1000 на холостому ході
МОЛОТІВ

Найменування	Позначення	Од. виміру	Головний привід №1		Головний привід №2	
			Значення	%	Значення	%
Діюче значення струму	I	А	41,3	52,3	46,5	58,9
Максимальне значення струму	I_{max}	А	43,7	55,3	49	62
Середнє значення активної потужності, споживаної з мережі	P_{cp}	кВт	410,2	65,1	439,1	69,7
Повна потужність	S	кВА	456,3	-	488,5	-
Реактивна потужність	Q	кВАр	196,2	-	210	-
Коефіцієнт потужності	$\cos\phi$	о.е	0,9	-	0,9	-

На рисунку 2.19 зображено графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-231 та А05-74 (варіант 4).

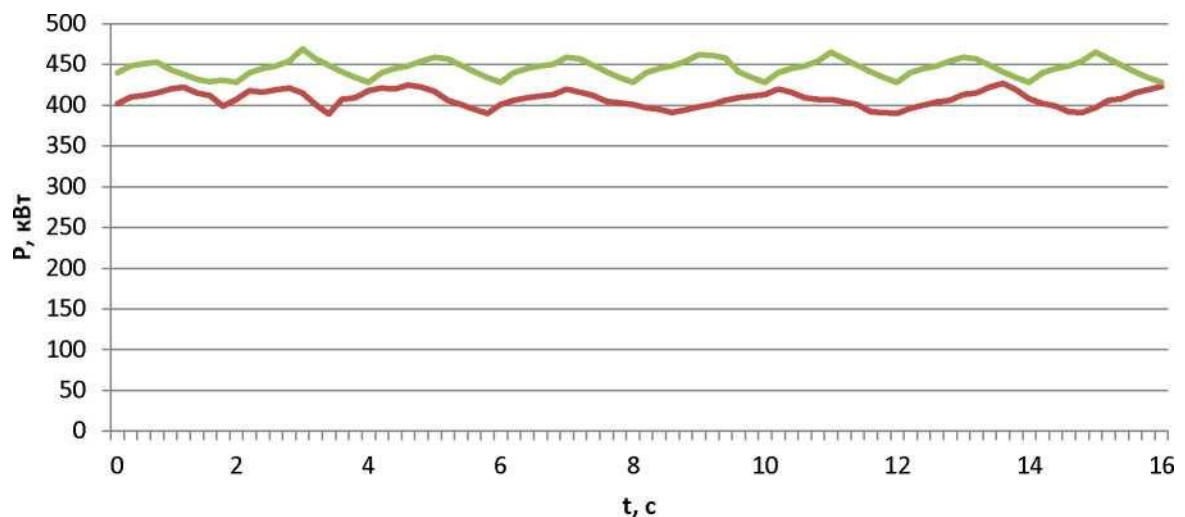


Рисунок 2.19 – Графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-231 та А05-74

Таблиця 2.23 – Робота двигунів А05-231 та А05-73 РКМ-1000 на холостому ході
МОЛОТІВ

Найменування	Позначення	Од. виміру	Головний привід №1		Головний привід №2	
			Значення	%	Значення	%
Діюче значення струму	I	А	40,8	51,6	42,1	53,3
Максимальне значення струму	I_{max}	А	42,9	54,3	44,2	55,9
Середнє значення активної потужності, споживаної з мережі	P_{cp}	кВт	412,6	65,5	426,2	67,7
Повна потужність	S	кВА	455	—	472	—
Реактивна потужність	Q	кВАр	191,1	—	198,2	—
Коефіцієнт потужності	$\cos\phi$	о.е.	0,907	—	0,903	—

На рисунку 2.20 зображено графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-231 та А05-73(варіант 5).

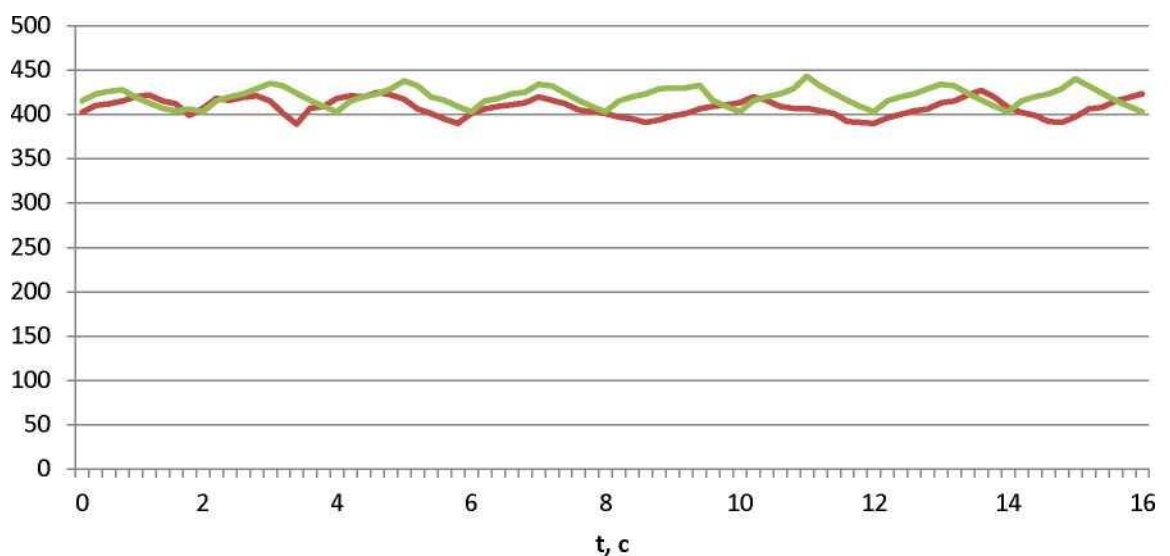


Рисунок 2.20 – Графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-231 та А05-73

Таблиця 2.24 – Робота двигунів А05-74 та А05-73 РКМ-1000 на холостому ході молотів

Найменування	Позначення	Од. виміру	Головний привід №1		Головний привід №2	
			Значення	% від номінала	Значення	% від номінала
Діюче значення струму	I	А	46,4	58,7	41,8	52,9
Максимальне значення струму	I _{max}	А	48,8	61,8	43,9	55,6
Середнє значення активної потужності, споживаної з мережі	P _{ср}	кВт	435,7	69,2	415,8	66
Повна потужність	S	кВА	482,5	-	461,3	-
Реактивна потужність	Q	кВАр	202,7	-	193,7	-
Коефіцієнт потужності	COSφ	о.е	0,903	-	0,901	-

На рисунку 2.21 зображено графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-74 та А05-73 (варіант 6).

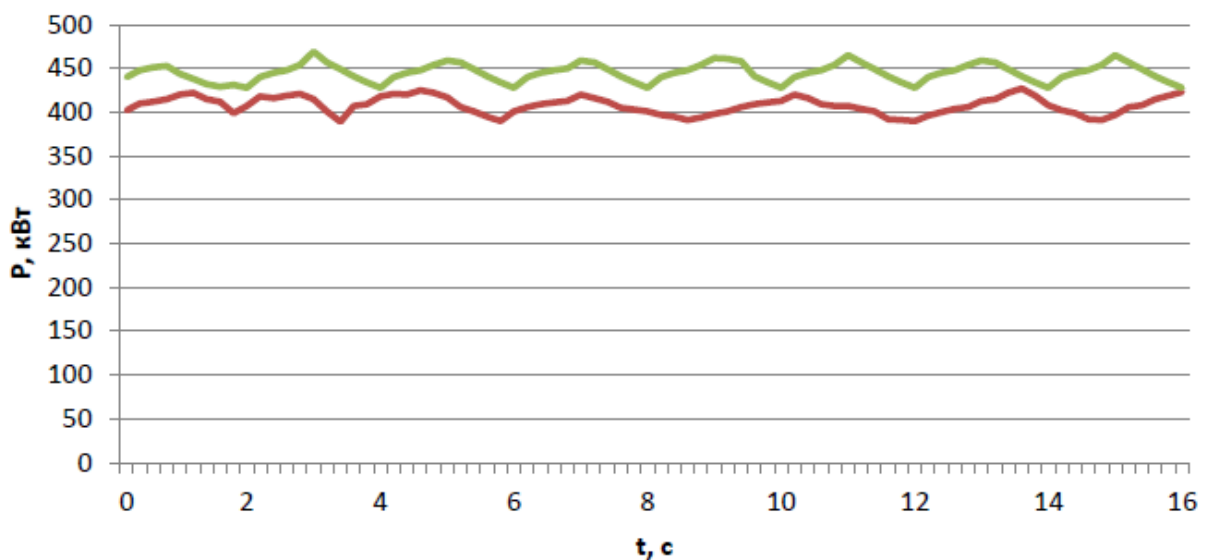


Рисунок 2.21 – Графік споживаємої активної потужності головними приводами А05-74 та А05-73

3 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У КОВАЛЬСЬКОМУ ЦЕХУ

3.1 Дослідження споживання активної потужності

В ході дослідження споживання активної потужності було зроблено вибір на найбільший споживач електричної енергії у ковальському цеху, це головний привод РКМ-1000. Для отримання повної інформації про роботу радіально кувальної машини РКМ-1000 було проведено дослідження графіків роботи електродвигунів головного приводу.

На рисунку 3.1 показана осцилограма споживання активної потужності електродвигунами головного приводу РКМ-1000 у вересні 2021 року.

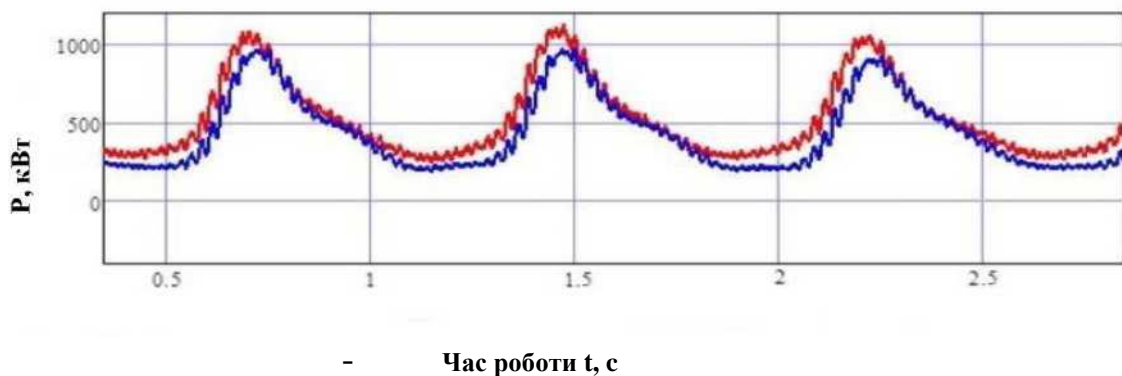


Рисунок 3.1 – Осцилограма споживання активної потужності електродвигунами головного приводу РКМ-1000

Виміряні данні показали наявність вищих гармонік від роботи машини. Було виявлено що коефіцієнти гармонічних складових $K_{i5} = 5\%$ та $K_{i7} = 4,2\%$, що перевищують встановлені ГОСТ[6] 4% та 3% відповідно. Це призводить до щорічних збитків від скорочення строку служби ізоляції електродвигунів. Виміри було зроблено аналізатором якості електричної енергії (прилад типу Elspec G4500).

Проблема нелінійності напруги обумовлена наявністю нелінійних

імпедансів та перемикаючих елементів у системі. Поточні хвилі таких елементів не є суто синусоїдальними і вони містять компоненти вищих гармонік. Зварювальні пристрої, дугові печі, напівпровідникові перетворювачі (випрямлячі, інвертори) є типовими джерелами вищих гармонік.

Робота цих пристроїв супроводжується низкою негативних наслідків: додаткові втрати потужності та додаткове нагрівання в каналах, трансформаторах, роторних машинах, конденсаторних батареях, що призводить до прискореного старіння ізоляції електричних машин, приладів та кабелів, тобто зменшення надійності та терміну служби приладів та обладнання. Крім того, погіршується точність електричних вимірювань (наприклад, лічильників електроенергії), виникають перебої в роботі автоматики, мікропроцесорних систем управління та релейного захисту. У безпосередній близькості від таких споживачів практично неможливо використовувати телекомунікаційні лінії та пристрої передачі інформації.

Вплив гармонік на електричні пристрої. Загальні положення. Ступінь, до якої можна допустити гармоніки, визначається сприйнятливістю навантаження (або джерела живлення) до них. Найменш чутливий тип обладнання - це той, в якому основний елемент нагрівний, як у духовці або в печі. У цьому випадку енергія гармонік зазвичай використовується і, отже, цілком допустима. Найбільш сприйнятливим видом обладнання є те, чий дизайн або конституція передбачає (майже) досконалий синусоїдальний фундаментальний ввід. Це обладнання часто відноситься до категорій обладнання для зв'язку або обробки даних. Тип навантаження, який звичайно падає між цими двома крайнощами сприйнятливості, є навантаження двигуна. Більшість моторних навантажень відносно терпимі до гармонік. Навіть у випадку найменш чутливого обладнання гармоніки можуть бути шкідливими.

Наприклад, у випадку печі, електродвигуна вони можуть викликати діелектричне термічне або вольтаїчне навантаження, що спричиняє передчасне старіння електричної ізоляції.

Двигуни та генератори. Основним ефектом гармонічних напруг та струмів в обертальній машині (індукційна і синхронна) є збільшення обігріву через втрати в сталі і міді на частотах гармонік. Таким чином, гармонічні компоненти впливають на ефективність машини, а також можуть впливати на розвинений крутний момент. Гармонічні струми в двигуні можуть викликати вищу звукоізоляцію в порівнянні з синусоїдальним збудженням. Гармоніки також створюють результуючий розподіл потоку в повітряному проміжку, що може спричинити або посилити явища, які називаються зусиллями (відмова плавно розпочинати) або повзання (дуже високі ковзання) в асинхронних двигунах[7]. Гармонічні пари, такі як п'ята та сьома гармоніки, мають потенціал для створення механічних коливань у комбінації турбогенераторів або в системі електроприводу. Механічні коливання призводять до коливань, викликаних взаємодією гармонічних струмів і основного частотного магнітного поля, збуджують механічну резонансну частоту. Наприклад, п'ята та сьома гармоніки можуть поєднуватись і утворити торсійний подразник на генераторі ротора на шостій частоті гармоніки. Якщо частота механічного резонансу близька до частоти електричного подразника, можуть бути створені механічні силові напруги.

Трансформатори. За винятком того, що гармоніки, що стосуються трансформаторів, можуть призвести до збільшення звукового шуму, вплив на ці компоненти зазвичай стає таким, що виникають при паразитичному нагріванні. Ефект гармонік на трансформатори має подвійний характер: струмові гармоніки зумовлюють збільшення втрат в міді та втрати напружених потоків, а гармоніки напруги викликають збільшення втрат в сталі. Загальний ефект - збільшення обігріву трансформатора, порівняно з чисто синусоїдальною (фундаментальною) роботою[7].

Силові кабелі. Кабелі, задіяні в системному резонансі можуть піддаватися напрузі стресу та короні, що може призвести до несправності ізоляції. Кабелі, які піддаються "звичайному" рівню гармонічного струму, схильні до нагрівання.

Потік несинусоїдального струму в провіднику призведе до додаткового нагрівання і більше, ніж очікується, для середньоквадратичного значення хвильової форми. Це пов'язано з двома явищами, відомими як "шкірний ефект" та "ефект близькості", обидва змінюються залежно від частоти, а також від розміру та інтервалу провідників. В результаті цих двох ефектів, ефективна опір змінного струму, R_{AC} , піднімається вище постійного опору, R_{DC} , особливо для більших провідників. Коли сигнал струму, багатий високочастотними гармоніками, протікає в кабелі, еквівалентний R_{AC} для кабелю піднімається ще вище, посилюючи втрату $I^2 R_{AC}$ [7].

Основною проблемою, пов'язаною з використанням конденсаторів в енергетичній системі, є можливість системного резонансу. Цей ефект накладає напругу та струми, які значно вищі, ніж це було б без резонансу. Реактивна потужність конденсаторного банку зменшується з частотою, і тому банк виступає як раковина для вищих струмів гармоніки. Цей ефект збільшує нагрівання та діелектричні стреси. Часте перемикання нелінійних магнітних компонентів (наприклад, сталюого сердечника), таких як трансформатори та реактори, може призвести до гармонічних струмів, які додадуть до навантаження конденсаторів[8]. Результатом підвищеного нагрівання та напруги, викликаного гармонікою, є скорочення часу роботи конденсатора.

Електронне обладнання. силове електронне обладнання вразливе до неправильної роботи, викликаного гармонічним спотворенням. Це обладнання часто залежить від точного визначення нульових перетинів напруги або інших аспектів форми хвилі напруги. Гармонічне спотворення може спричинити зміну перетину нуля напруги або точку, в якій одна фаза напруги стає більше, ніж інша фаза напруги. Це обидва критичні моменти для багатьох типів елементів керування електронною схемою, а також може спричинити неправильне використання цих змін [7]. Інші види електронного обладнання можуть впливати на передачу гармонік через джерело живлення обладнання або шляхом магнітного з'єднання гармонік у компоненти обладнання. Комп'ютери та

супутні пристрої, такі як програмовані контролери, часто потребують джерел змінного струму, які мають не більше 5% гармонічного коефіцієнта викривлення напруги, причому найбільша одинична гармоніка становить не більше 3% фундаментальної напруги. Вищий рівень гармонік призводить до нестабільностей, іноді гострих, несправностей обладнання, які в деяких випадках можуть мати серйозні наслідки. Інструменти можуть бути схожими на аналіз, надаючи помилкові дані або інакше виконуючи непередбачувані дії. Можливо, найбільш серйозними з них є нелінійні функції в медичних інструментах. Отже, багато медичних інструментів забезпечуються лінійно зумовленою потужністю. Менш драматичні ефекти інтерференції гармонік іноді можуть спостерігатися в радіо- та телевізійному устаткуванні.

Вимірювання. На вимірювання та вимірювальні прилади впливають гармонічні компоненти, особливо якщо існують резонансні умови, що приводять до високих гармонічних напруг і струмів на ланцюгах. Індукційні дискові пристрої, такі як ватові лічильники, зазвичай бачать лише основний струм; однак фазовий дисбаланс, спричинений гармонічними спотвореннями, може спричинити помилкове функціонування цих пристроїв[9-13]. Дослідження показали, що можливі позитивні та негативні помилки при наявності гармонічних спотворень залежно від типу вимірювального приладу та пов'язаних гармонік. Загалом коефіцієнт спотворення повинен бути суттєвим (> 20%), перш ніж виявляться значні похибки. Прилади-

трансформатори 60 Гц, які використовуються як для вимірювання, так і ретрансляції, не впливають на звичайні рівні гармонік.

Щоб встановити справжній вплив та рівень вищих гармонік, необхідно провести їх електричні вимірювання [7-9]. Для цього необхідно використовувати спеціальні вимірювальні прилади, які чутливі до спектру вищих гармонік. Ці вимірювання проводяться як за допомогою безпосереднього апаратного аналізу самого процесу, здійснюючи це шляхом використання сучасних приладів-аналізаторів або ж проводити обробку попередньо

зробленого запису процесу. Найчастіше для таких вимірів використовують шлейфові осцилографи та пристрої магнітного запису. Слід зазначити, що для систем електропостачання, в яких велика доля споживаної потужності [10-11] припадає на нелінійні споживачі, що працюють постійно, доцільно використовувати не звичайні прилади контролю параметрів електричної мережі, які розраховані для зчитування значень струмів та напруг частотою 50 Гц, а прилади, чутливі до більш широкого спектру частот. Ця рекомендація пов'язана з тим, що звичайні прилади не здатні уловлювати струми вищих гармонік, а через це будуть показувати значення менші, ніж ті, які насправді діють в мережі.

Для усунення 5-ї та 7-ї гармоніки було запропоновано підключення до мережі розподільчого пристрою РП-6кВ радіально кувальної машини РКМ-1000 на кожний електродвигун потужністю 630 кВт фільтр ФСГ-3 налаштований на 5-у та 7-у гармоніки. При цьому 7-а гармоніка зменшиться до 5% від попереднього значення.

На рисунку 3.2 показаний зовнішній вигляд фільтра ФСГ-3.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд фільтра ФСГ-3

Пристрій ФСГ-3 представляє собою набір резонансних контурів. Вони значно зменшують виникаючі під дією нелінійного навантаження несинусоїдальні спотворення. Важливим фактором ефективності пристрою є його здатність генерувати реактивну потужність на основній частоті.

Пристрої в шафовому виконанні більш компактні, оснащені за замовчуванням ступенем захисту IP21. Вони складаються з осередків введення, конденсаторних осередків, реакторних осередків. Осередки введення обладнані вступним апаратом і апаратурою РЗіА. Кількість конденсаторних осередків варіюється в залежності від модифікації фільтра. Реакторні осередки призначені для розміщення реакторів фільтрових, оснащених металевими сердечниками.

На рисунку 3.3 зображена схема підключення фільтра ФСГ-3 у розподільчому пристрою РП-6кВ.

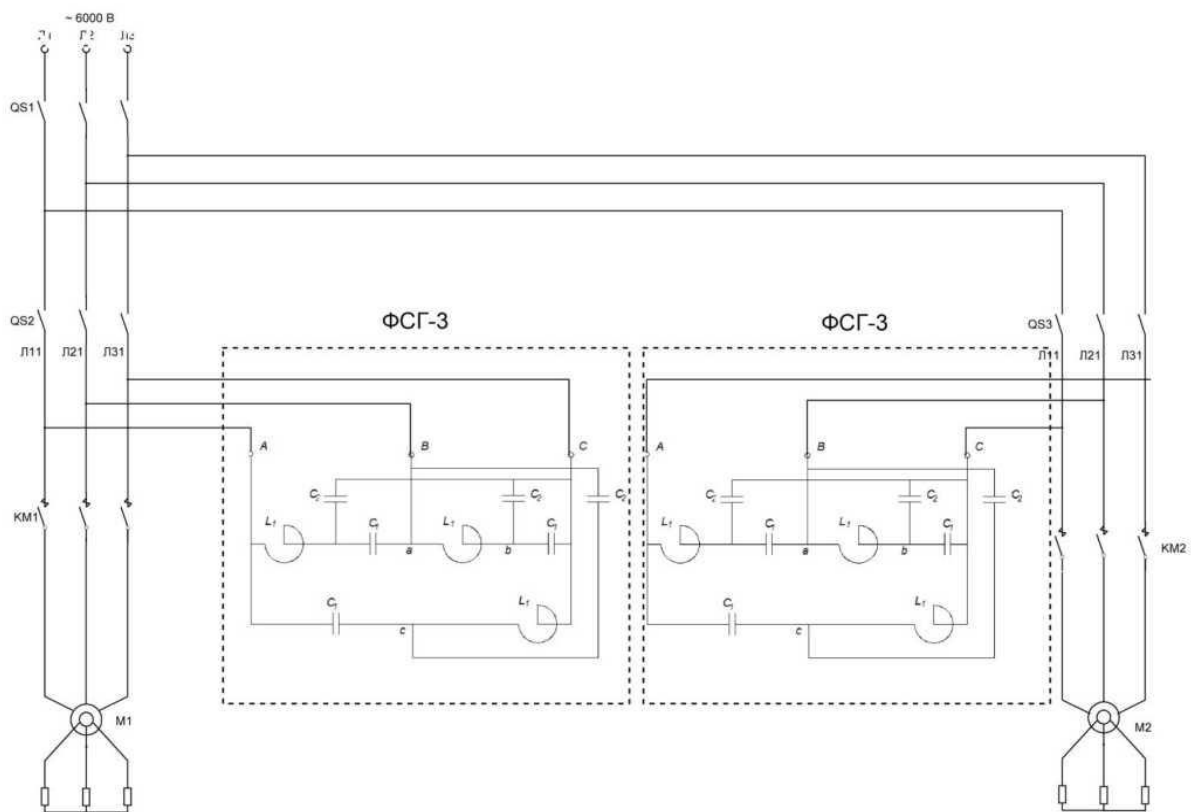


Рисунок 3.4 – Схема підключення фільтра ФСГ-3 у розподільчому пристрою РП-6кВ

На рисунку 3.4 видно як підключені фільтри до силових колів схеми. На рисунку 3.5 зображено графік роботи електродвигунів після встановлення фільтрів зниження гармонік.

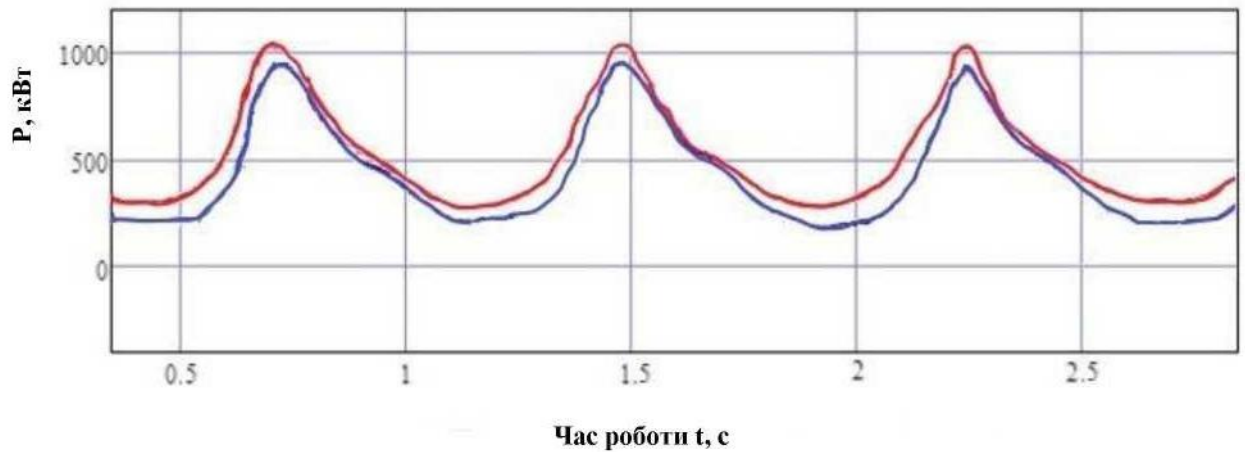


Рисунок 3.5 – Графік роботи електродвигунів після встановлення фільтрів зниження гармонік

На рисунку 3.5 видно як зменшилися гармоніки на обох графіках.

Автоматизація РКМ-1000.

В ході дослідження графіків роботи обладнання ковальського цеху були виявлено резерви економії. Це праця насосної РКМ-1000 та насосна оборотного циклу. На даний момент оборотний цикл забезпечує охолодження механізмів лише агрегат РКМ-1000. Інше обладнання переведено на інше джерело забезпечення. Це технічна вода енергосилового цеху. Відсутність автоматики роботи насосних дає втрати електроенергії в той час коли їх робота непотрібна. Було створено графік роботи РКМ-1000 та обладнання яке з ним працює. В таблиці 3.1 наведено потужність обладнання від КТП-230 з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів.

Таблиця 3.1 – Потужність обладнання від КТП-230 з урахуванням коефіцієнту одночасності роботи механізмів

Найменування	Потужність, кВт
РКМ-1000	490
Верстат ГД-146	130,9
Дуттьові вентилятори	27,6
Кільцеві пічі	42,5
Насосна РКМ-1000	28,4
Оборотний цикл	80

Визначимо потужність обладнання P_n .

Коли працює РКМ-1000 то працюють верстат ГД-146, дуттьові вентилятори, кільцеві пічі, насосна РКМ-1000, оборотний цикл.

Сумарна потужність обладнання під час роботи машини РКМ-1000

$$\Sigma P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6,$$

де P_1 - потужність обладнання РКМ-1000, кВт;

P_2 - потужність обладнання верстату ГД-146, кВт;

P_3 - потужність обладнання дутєвих вентиляторів, кВт;

P_4 - потужність обладнання кільцевих печей, кВт;

P_5 - потужність обладнання насосної РКМ-1000, кВт;

P_6 - потужність обладнання оборотного циклу, кВт.

$$\Sigma P = 490 + 130,9 + 27,6 + 42,5 + 28,4 + 80 = 799,4 \approx 800 \text{ кВт.}$$

Коли РКМ-1000 не працює повинні в роботі залишатися тільки дуттьові

вентилятори, які приблизно споживають 28 кВт, але коли працюють насосні то потужність вже приблизно 136 кВт. Привищення в 5 разів.

Сумарна потужність обладнання під час коли машина РКМ-1000 не працює

$$\Sigma P = P_3 + P_5 + P_6,$$

$$\Sigma P = 27,6 + 28,4 + 80 = 136 \text{ кВт.}$$

Коли РКМ-1000 не працює довгий проміжок часу то навантаження на КТП-230 витрачається тільки на освітлення приміщень, приблизно 10кВт. Запропоновано впровадире схему автоматики роботи насосних РКМ-1000 та оборотного циклу. На рисунках 3.6-3.8 зображена схема автоматики роботи насосних РКМ-1000 та оборотного циклу.

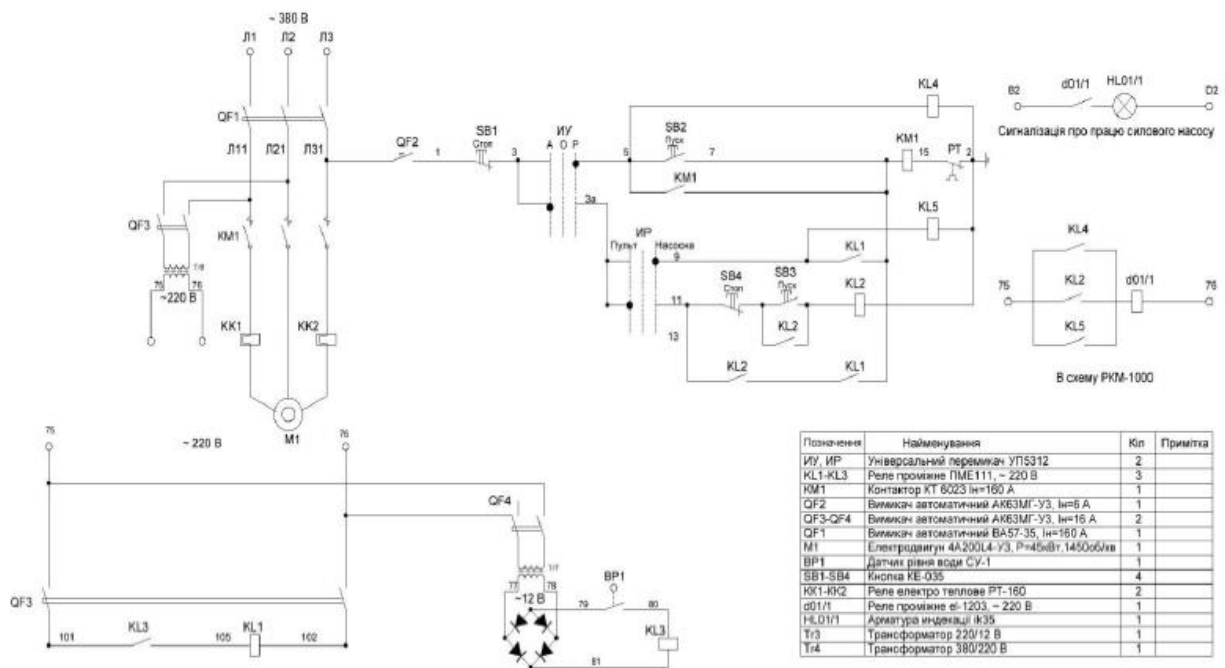
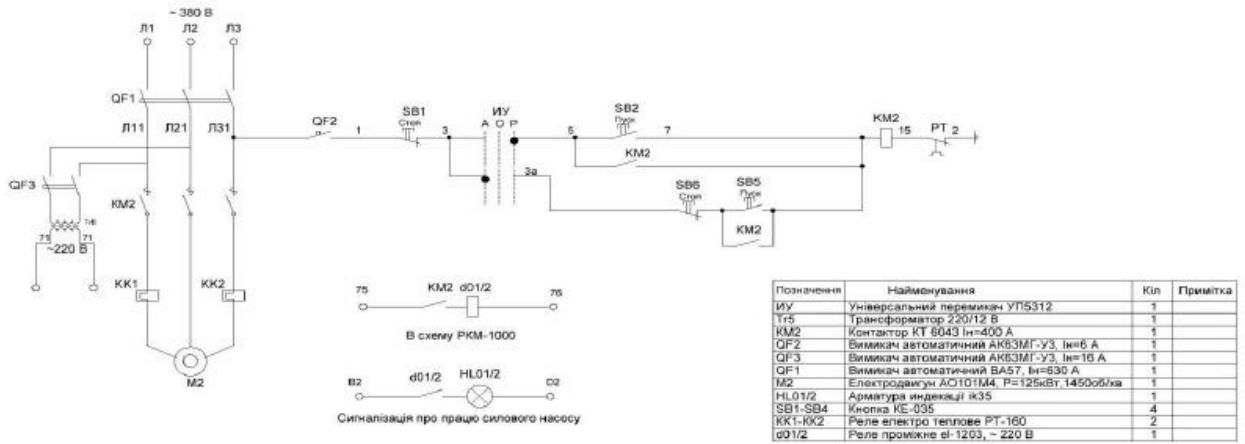


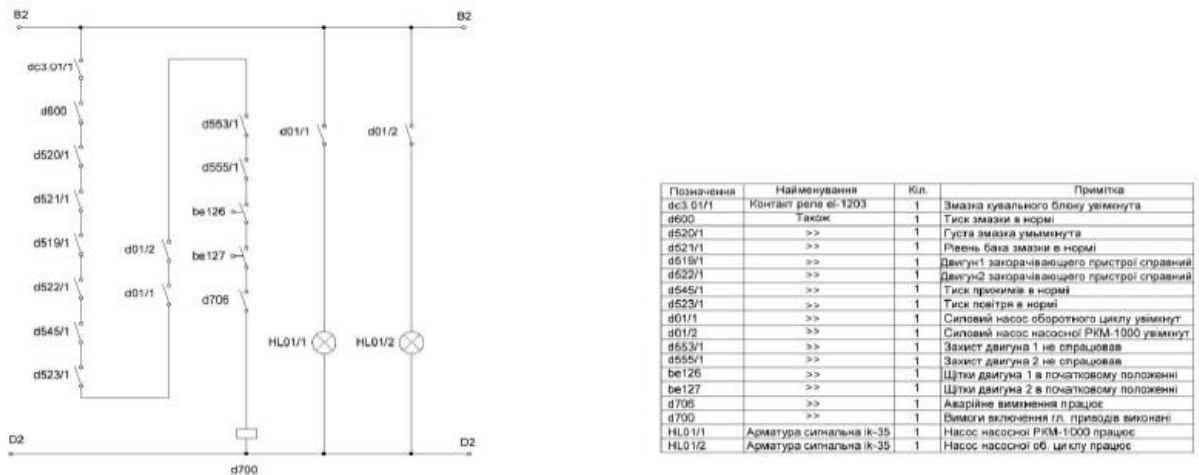
Рисунок 3.6 – Схема насосної РКМ-1000

В схему добавлені проміжні реле KL-2, KL4, KL-5, d01/1, кнопки SB3, SB4 та перемикач ІР.



Рисунки 3.7 – Схема насосної оборотного циклу

В схему добавлені проміжні реле d01/2, кнопки SB5, SB6.



Рисунки 3.8 – Схема автоматики РКМ-1000

В схему добавлені контакти реле d01/1, d01/2, та сигнальні лампи кнопки HL1, HL2. Схема роботи насосної РКМ-1000. Насосна РКМ-1000 потрібна для повернення води пройдену через систему охолодження масла чотирьох баків масла гідравліки (загальним обсягом 16 тон), та систему охолодження електродвигунів головного приводу РКМ-1000 потужністю 630 кВт кожен, з кісону, в басейн оборотного циклу. Насосна має три силових насоси з електродвигунами типу 4A200L4 потужністю 45кВт. Один насос постійно в

роботі, інші два в резерві. Насос працює у двох режимах: робочому та автоматичному. У робочому режимі перекачування води виконується робітником на посту управління. У автоматичному режимі перекачування виконується при спрацюванні датчика відмітки верхнього рівня та припиняється при спрацюванні датчика нижнього рівня.

Вибір режиму здійснюється перемикачем режимів, яких 3. Перший режим - «нульовий режим». Другий режим - «робочий режим». Третій режим - «автоматичний режим».

Схема роботи насосної оборотного циклу. Насосна оборотного циклу потрібна для перекачування води зі свого басейну в систему охолодження масла чотирьох баків масла гідравліки (загальним обсягом 16 тон), та систему охолодження електродвигунів головного приводу РКМ-1000 потужністю 630 кВт кожен, в кісон насосної РКМ-1000. Потім вода повертається знову в басейн оборотного циклу. Насосна має два силових насоси з електродвигунами типу АО101М4 потужністю 125 кВт. Один насос постійно в роботі, інший в резерві. Насос працює в одному режимі - робочому. У робочому режимі перекачування води виконується робітником на посту управління.

Схема автоматики насосної РКМ-1000 та оборотного циклу.

Виконуємо вмикання силових автоматичних вимикачів QF1 силових ланцюгів та QF2, QF3 оперотивного схеми насосних. Для насосної РКМ-1000 вмикаємо автоматичний вимикач QF4 апаратури КВПіА (контрольно-вимірювальної апаратури і автоматики). В насосній РКМ-1000 перемикач ИУ вмикається в положення «автоматично», перемикач ИР в положення «Пульт». В насосній оборотного циклу перемикач ИР в положення «Пульт». Виконані дії до насосних є підготовка управління роботи від РКМ-1000. На пульту машини для запуску автоматики потрібно увімкнути кнопки SB3 та SB5, які своїми нормально розімкнутими контактами увімкнуть проміжні реле KL2 та KM2 а вони в свою чергу увімкнуть реле d01/1 та d01/2. Сигналізація на пульту, лампи HL01/1 та HL01/2 на РКМ-1000 сповіщає що автоматика працює. В аварійному

випадку коди автоматика відключається система захисту РКМ-1000 як і у інших окремих випадках сигналізуватиме спрацювання відключення автоматки та дасть можливість закінчити ковку до усунення неполадки.

Середня потужність за добу електроспоживачів КТП-230

$$\Sigma P_{cp} = \Sigma P \cdot t_{np} / t_g,$$

де t_{np} - кількість годин праці РКМ-1000 за добу, год.;

$$t_{np} = 19,5 \text{ год};$$

t_g - кількість годин за добу, год;

$$t_g = 24 \text{ год}.$$

$$\Sigma P_{cp} = 800 \cdot 19,5 / 24 = 676 \text{ кВт}$$

В таблиці 3.2 зображено інші розрахунки для споживачів КТП-230.

Втрати електроенергії за добу електроспоживачів КТП-230

$$\Delta W_{\delta} = K_{\delta} \cdot \Delta P \cdot t_{np},$$

$$\Delta W_{\delta} = 0,7 \cdot 26,61 \cdot 19,5 = 841 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

В таблиці 3.3 зображено інші розрахунки для споживачів КТП-230.

На рисунку 3.9 зображено середнє споживання підстанції КТП-230 в продовж місяця до та після впровадження автоматки на насосній РКМ-1000 та оборотного циклу. На рисунку 3.10 зображено середні втрати електричної енергії підстанції КТП-230 в продовж місяця до та після впровадження автоматки на насосній РКМ-1000 та оборотного циклу.

Таблиці 3.2 – Середня потужність споживачів КТП-230 при роботі РКМ-1000

День місяця	Кількість годин праці РКМ-1000 за добу	Середня потужність споживачів КТП-230, кВт	
		До впровадження автоматики	Після впровадження автоматики
1	2	3	4
1	19,5	676	655
2	19,5	676	655
3	19,5	676	655
4	19,5	676	655
5	19,5	676	655
6	19,5	676	655
7	6,5	316	655
8	19,5	676	237
9	19,5	676	655
10	19,5	676	655
11	10	413	655
12	19,5	676	350
13	15,5	565	655
14	16,5	593	527
15	19,5	676	559
16	0	108	655
17	0	108	10
18	0	108	10
19	0	108	10
20	0	108	10
21	0	108	10
22	0	108	10
23	0	108	10
24	19,5	676	10
25	19,5	676	655
26	6,5	316	655
27	19,5	676	237
28	19,5	676	655
29	0	136	655
30	0	136	28

Таблиці 3.3 – Середні втрати електроенергії за добу споживачами КТП-230 при роботі РКМ-1000

День місяця	Кількість годин праці РКМ-1000 за добу	Втрати потужності за добу споживачів КТП-230, кВт • год	
		До впровадження автоматики	Після впровадження автоматики
1	2	3	4
1	19,5	841	814
2	19,5	841	814
3	19,5	841	814
4	19,5	841	814
5	19,5	841	814
6	19,5	841	814
7	6,5	428	324
8	19,5	841	814
9	19,5	841	814
10	19,5	841	814
11	10	539	456
12	19,5	841	814
13	15,5	714	664
14	16,5	746	701
15	19,5	841	814
16	0	142	48
17	0	142	48
18	0	142	48
19	0	142	48
20	0	142	48
21	0	142	48
22	0	142	48
23	0	142	48
24	19,5	841	814
25	19,5	841	814
26	6,5	428	324
27	19,5	841	814
28	19,5	841	814
29	0	221	79
30	0	221	79
Всього	347,5	17 048	15 221

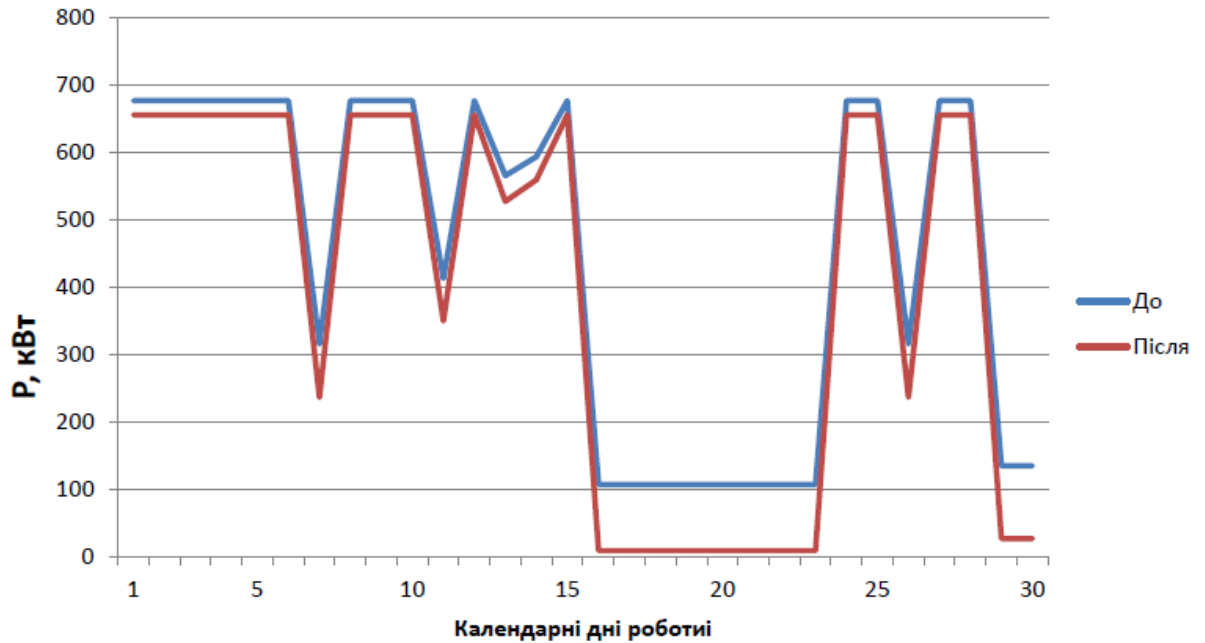


Рисунок 3.9 – Середнє споживання підстанції КТП-230 в продовж місяця до та після впровадження автоматики на насосній РКМ-1000 та оборотного циклу

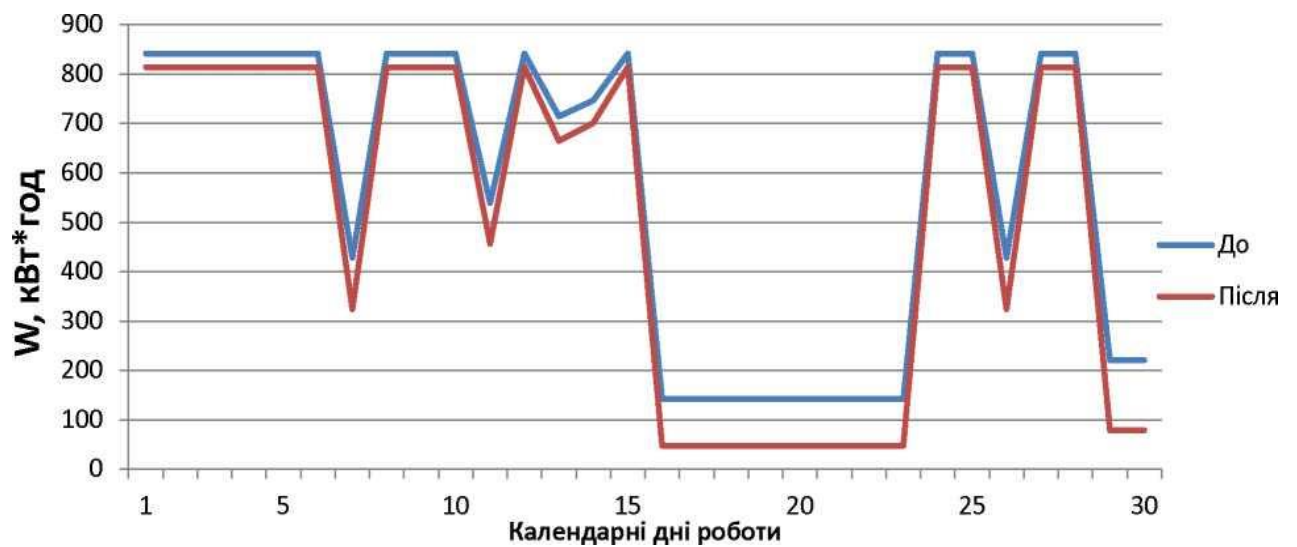


Рисунок 3.10 – Середні втрати електричної енергії підстанції КТП-230 в продовж місяця до та після впровадження автоматики на насосній РКМ-1000 та оборотного циклу

3.2 Заходи щодо зниження споживання активної потужності електродвигунами головного приводу РКМ-1000 RV-602/8-6b потужністю 630 кВт

Як було сказано у розділі 2.7 агрегат РКМ-1000 має 4 електродвигуни потужністю 630 кВт, два яких знаходяться в роботі а інші два в резерві. З таблиць 2,19 - 2,24 видно що найгірші характеристики роботи мають електродвигуни з ремонтними номерами А05-73(1985 року), А05-74 (1985 року), А05-231 (1992 року). Кожен двигун мав велику кількість ремонтів і за роки праці втратив свої початкові характеристики. Найкращім електродвигуном є А05-289 (2007 року), який мало перебував в роботі, тому залишився з первинними характеристиками.

Було запропоновано купити електродвигун RV-602/8-6b потужністю 630 кВт. який коштує 5600000 грн до працюючого А05-289. Характеристики обох двигунів показані у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Робота двигунів РКМ-1000 на холостому ході А05-289 та новий

Найменування	Позначення	Од. виміру	Головний привід №1		Головний привід №2	
			Значення	%	Значення	%
Діюче значення струму	I	А	28,3	35,8	28,3	35,8
Максимальне значення струму	I _{max}	А	30,1	38,1	30,1	38,1
Середнє значення активної потужності, споживаної з мережі	P _{ср}	кВт	291,2	46,2	291,2	46,2
Повна потужність	S	кВА	312,3	-	312,3	-
Реактивна потужність	Q	кВАр	118	-	118	-
Коефіцієнт потужності	cosφ	о.е	0,93	-	0,93	-

З розділу 2.7 видно що найкращій варіант роботи електродвигунів головного приводу РКМ-1000 це варіант №1. Інші варіанти мають більшу

потужність.

Середня потужність обох електродвигунів

$$\Sigma P_{cp(\text{вар } 1)} = P_{cp1} + P_{cp2},$$

$$\Sigma P_{cp(\text{вар } 1)} = 403,4 + 302,7 = 706,1 \text{ кВт.}$$

Середня потужність електродвигуна А05-289 та нового

$$\Sigma P_{cp(\text{вар нов})} = 291,2 + 291,2 = 582,4 \text{ кВт.}$$

Різниця навантажень між найкращим варіантом розташування двигунів та новим

Новий варіант має меншу сумарну потужність на 123,7 кВт.

3.3 Техніко-економічне обґрунтування заходів зі зменшення втрат електричної енергії

Розрахунок щорічних збитків від скорочення служби ізоляції електродвигунів головного привода РКМ-1000 визначається за формулою [14]

$$З = (250 \cdot T \cdot \Delta P_{ном} + 4K) \sum_{5,7} \frac{U_v^2}{v \sqrt{v}} \cdot \beta,$$

де T - кількість годин праці на рік, тис. год; $T=6,574$ тис. год;

ΔP - втрати потужності електродвигуна, кВт;

K - вартість електродвигуна, тис. грн.

U_v - діюче значення напруги у напруги гармоніки, кВ;

U_5 - напруга 5-ї гармоніки[6], кВ; $U_5 = 0,3$ кВ;

U_7 - напруга 7-ї гармоніки[6], кВ; $u_7 = 0,252$ кВ;

P - частка у.о. до ціни за 1 кВт • год, грн.

Втрати потужності електродвигуна

$$\Delta P = P - (P \cdot \eta)$$

де η - ккд електродвигуна, в.о; $\eta = 0,94$;

P - потужність електродвигуна, кВт; $P=630$ кВт.

$$\Delta P = 630 - (630 \cdot 0,94) = 33,39 \text{ кВт.}$$

частка у.о. до ціни за 1 кВт • год

$$\beta = \frac{1\$}{T_w},$$

$$\beta = \frac{24,5}{2,45} = 10 \text{ грн.}$$

$$З = (250 \cdot 6,574 \cdot 33,39 + 4 \cdot 5600) \cdot \left(\frac{0,3^2}{5 \cdot \sqrt{5}} + \frac{0,252^2}{7 \cdot \sqrt{7}} \right) \cdot 10 = 20\,570 \text{ грн/рік.}$$

Щорічні збитки від скорочення служби ізоляції одного електродвигуна 20 570 грн/рік. В розрахунку З буде дорівнювати річній економії експлуатаційних витрат – E_p .

Ціна одного фільтру типу ФСГ-3 складає 51400 грн.

Капітальні витрати на закупку обладнання

$$K = 2 \cdot C_{об},$$

де $C_{об}$ - ціна закупки обладнання, грн.

$$K = 2 \cdot 51400 = 102800 \text{ грн.}$$

Срок окупності капітальних витрат

$$T_{ок} = K/E_p,$$

де E_p – річна економія експлуатаційних витрат, грн.

$$T_{ок} = 102800/(2 \cdot 20\,570) = 2,5 \text{ років.}$$

Місячні втрати електричної енергії до впровадження автоматики РКМ-1000 розглянуті в розділі 3.2 визначаються

$$\Delta W_{м(до)} = \Delta W_{\delta 1} + \Delta W_2 + \dots + \Delta W_{30},$$

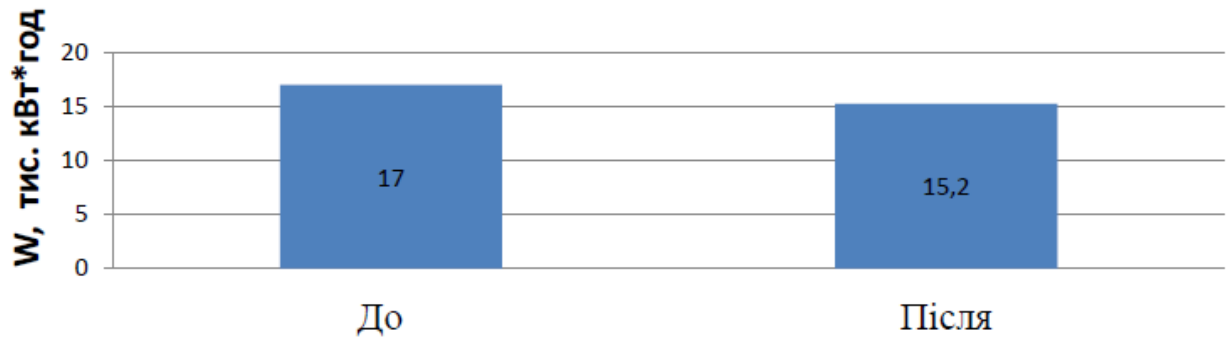
$$\Delta W_{м(до)} = 841 + 841 + \dots + 221 = 17\,048 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Місячні втрати електричної енергії після впровадження автоматики РКМ-1000 розглянуті в розділі 3.2 визначаються

$$\Delta W_{м(після)} = \Delta W_{\delta 1} + \Delta W_2 + \dots + \Delta W_{30},$$

$$\Delta W_{м(після)} = 814 + 814 + \dots + 79 = 15\,221 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

На рисунку 3.11 зображено втрати електричної енергії до після впровадження автоматики РКМ-1000



Рисунку 3.11 – Втрати електричної енергії до після впровадження автоматики РКМ-1000

Річні втрати електричної енергії до впровадження автоматики РКМ-1000

$$\Delta W_{p(\partial o)} = 12 \cdot \Delta W_{m(\partial o)},$$

$$\Delta W_{p(\partial o)} = 12 \cdot 17\,048 = 501\,202 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річні втрати електричної енергії після впровадження автоматики РКМ-1000

$$\Delta W_{p(\text{після})} = 12 \cdot \Delta W_{m(\partial o)},$$

$$\Delta W_{p(\text{після})} = 12 \cdot 15\,221 = 447\,498 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річна економія електричної енергії після впровадження автоматики РКМ-1000

$$\Delta W_{p(\text{екон})} = \Delta W_{p(\partial o)} - \Delta W_{p(\text{після})},$$

$$\Delta W_{p(\text{екон})} = 501\,202 - 447\,498 = 53\,714 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річна економія у відсотках

$$\Delta W_{p(\text{екон})}(\%) = ((\Delta W_{p(\text{до})} - \Delta W_{p(\text{після})}) - 1) \cdot 100,$$

$$\Delta W_{p(\text{екон})}(\%) = ((501\,202 - 447\,498) - 1) \cdot 100 = 11,8\%$$

Втрати електричної енергії зменшаться на 11,8%.

Після встановлення нового електродвигуна на головний привод РКМ-1000 як зазначалося у розділі 3.3 і розрахувавши зменшення середньої потужності на 123,7 кВт економія електроенергії за рік складає

$$W = \Delta P_{cp} \cdot T_p,$$

$$W = 123,7 \cdot 6574 = 813\,204 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість електроенергії за рік,

$$C_{el} = W \cdot T_{\text{гр}}, \quad (3.19)$$

$$C_{el} = 813204 \cdot 2,45 = 1992349 \text{ грн.}$$

Знаючи вартість електродвигуна у 5 600 000 грн отримуємо термін окупності нового двигуна

$$T_{ок} = 5600000 / 1\,992\,349 = 2,8 \text{ роки.}$$

Термін окупності нового електродвигуна 2,8 роки.

ВИСНОВКИ

Основними результатами кваліфікаційної дипломної роботи є таке:

1. Зроблено порівняльний аналіз та виявлено найбільші споживачі електричної енергії, якими є РКМ-1000 та РКМ-340.

2. Визначено втрати потужності споживачів на КТП-230, 231-232, 213, ТП-62. Виявлено, найбільші витрати потужності мають РКМ-1000 (26 кВт) та РКМ-340 (14 кВт).

3. Проведено дослідження по споживанню активної потужності електродвигунів. Виявлено, вищі гармоніки коефіцієнт граничних складових $Ku_5=5\%$ та $Ku_7=4,2\%$, що перевищують допустимі ГОСТ 13109-97 $Ku_5=4\%$ та $Ku_7=3\%$.

4. Запроваджено для зниження 5-ї та 7-ї гармонік встановити резонансний фільтр типу ФСГ-3 у розподільчому пристрої РП-6кВ на двигуни головного приводу потужністю 630кВт. Термін окупності фільтра становить 2,5 роки.

5. Досліджено графіки навантаження та втрат при роботі насосної РКМ-1000 та насосної оборотного циклу. Виявлено, резерви економії на режимах роботи цих насосних.

6. Розроблено схему автоматики роботи насосної РКМ-1000 та насосної оборотного циклу. Це дасть можливість зменшити втрати електричної енергії з 500 тис.кВт • год/рік до 448 тис.кВт • год/рік, що є економію у 11,8%.

7. Заміна електродвигуна RV 502/8-6b потужністю 630 кВт на головний привод РКМ-1000 дає зменшення споживання активної потужності на 123,7 кВт електричної енергії. Термін окупності 2,8 роки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения. [Текст]: учебник для вузов / М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Форум, 2012.- 352 с.
2. Кравченя, Э. М. Охрана труда и основы энергосбережения [Текст]: Учебное пособие / Э. М. Кравченя, Р. Н. Козел, И. П. Свирид. - Мн.: ТетраСистемс, 2004.- 288 с.
3. Самойлов, М. В. Основы энергосбережения [Текст]: Учеб.пособие/ М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. М. Ковалев. Мн.: БГЭУ, 2002.-198 с.
4. Врублевский, Б. И, Основы энергосбережения. [Текст]: Учебное пособие / Б. И. Врублевский, С. Н. Лебедева, А. Б Невзорова. ЧУП и ЦНТУ «Развитие», Гомель, 2002.- 190 с.
5. Самарин, О. Д. Теплофизика. Энергоэффективность / О. Д. Самарин. - М. [Текст]: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011. - 296 с.
6. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.[Текст] Введ. 1999-01-01. - М. : Изд-во стандартов, 1999. - 33 с.
7. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55_2011 Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
8. IEEE Std 519-1992 // IEEE Recommend practices and Requirements for harmonic control in electrical power system.
9. Волошко А.В. Устранение влияния неустойчивости частоты сети на на точность определения показателей качества электрической энергии / А.В. Волошко, О.В. Коцарь // Техническая электродинамика. - 1994. - № 4. - С. 73 - 77. 19.
10. Шершень О. І. Вплив коливання частоти електричної мережі на точність проведення гармонічного аналізу, та способи їх зменшення / О. І. Шершень, А.В. Волошко // «ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА» 2018
11. Лагутін Г.І. Вищі гармоніки в системах електропостачання / Г.І.

Лагутін, А.М. Панченко, А.І. Гарагуля // Системи озброєння і військова техніка, 2012, № 2(30) ISSN 1997-9568.

12. С. Ю. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, професор, НТУ «ХП»; В. В. ВОЛОХІН, канд. техн. наук, доцент, СумДУ, Суми; І. М. ДЯГОВЧЕНКО, аспірант, СумДУ, Суми; Д. М. МАКУХА, асистент, СумДУ, Суми; Стаття «АКТУАЛЬНІСТЬ УРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАПРУГИ ПРИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ»

13. Лагутін Г.І. Вищі гармоніки в системах електропостачання / Г.І. Лагутін, А.М. Панченко, А.І. Гарагуля // Системи озброєння і військова техніка, 2012, № 2(30) ISSN 1997-9568

14. Жезеленко И.В. Показатели качества электрической энергии и их контроль на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат, 1986. 168с.

15. Тітов, Ю. П. Насосні станції водопостачання і водовідведення [Текст] / Ю. П. Тітов, М. М. Яковенко. Навчально-методичний посібник. – Харків, 2004. – 203 с.

16. Никитин, В. М. Энергосберегающие электроприводы [Текст] / В. М. Никитин, А.Д. Поздеев, Ф.И. Ковалёв, Г.Н. Шестопёров // Электротехника. – 1996. – №4. – С. 52–55.

17. Попович, Н. Г. Электромеханические системы автоматизации и задача энергосбережения [Текст] / Н. Г. Попович, Н. В. Печник // Вісник ХДПУ. Збірка наукових праць: Тематичний випуск 113. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 297–300.

18. Потапенко, Е. М. Определение скорости и постоянной времени ротора асинхронного двигателя с помощью адаптивного наблюдателя [Текст] / Е. М. Потапенко, Е. Е. Потапенко, А. В. Соломаха // Матеріали 12-ої міжнародної конференції з автоматичного управління —Автоматика–2005, 30 травня – 3 червня 2005 р. – Харків: НТУ —ХП, 2005. – Т. 2. – С. 123,124.

19. Бондаренко, В. І. Основи електричного привода [Текст] / В. І. Бондаренко. Навчальний посібник. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – 314 с.

20. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання,

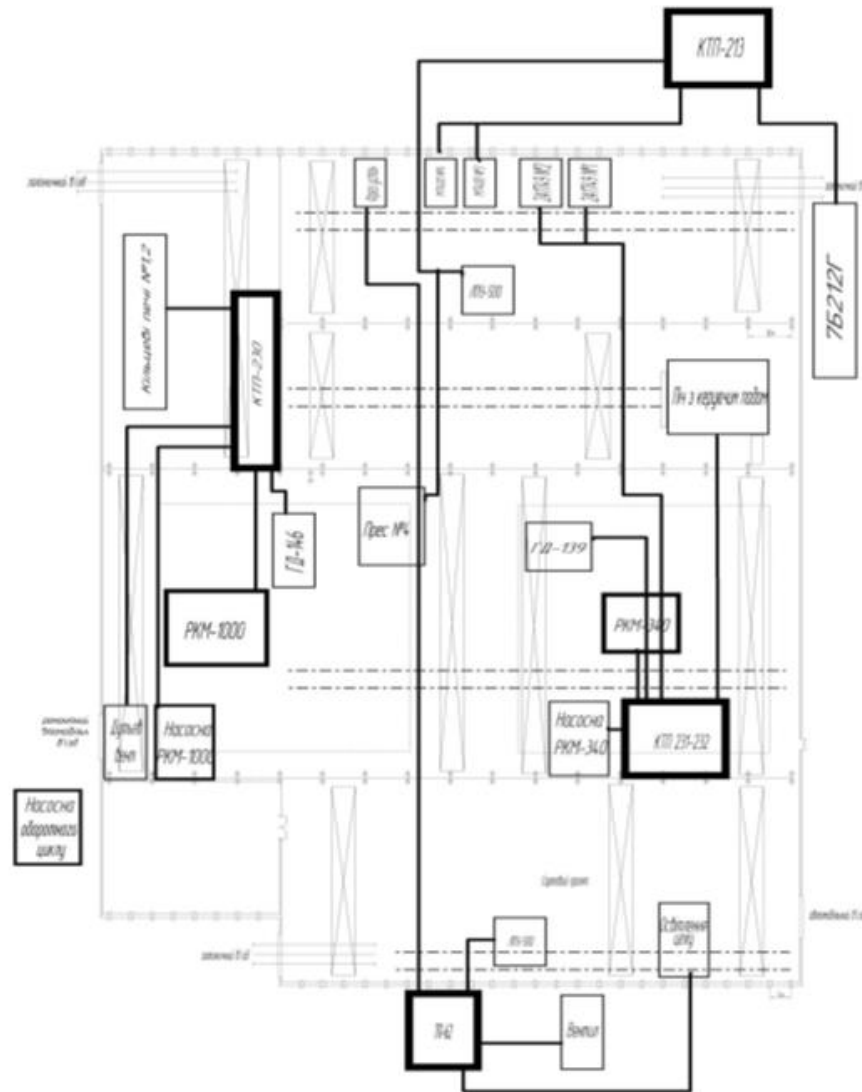
переработане й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2011.— 736 с.

21. Blaschke, F. Das Prinzip der Feldorientierung die Grundlage für die TRANSVECTOR – Regelung von Asynchronmaschinen [Текст] / F. Blaschke // SiemensZeitschrift.–1971.– 45.– P.757.

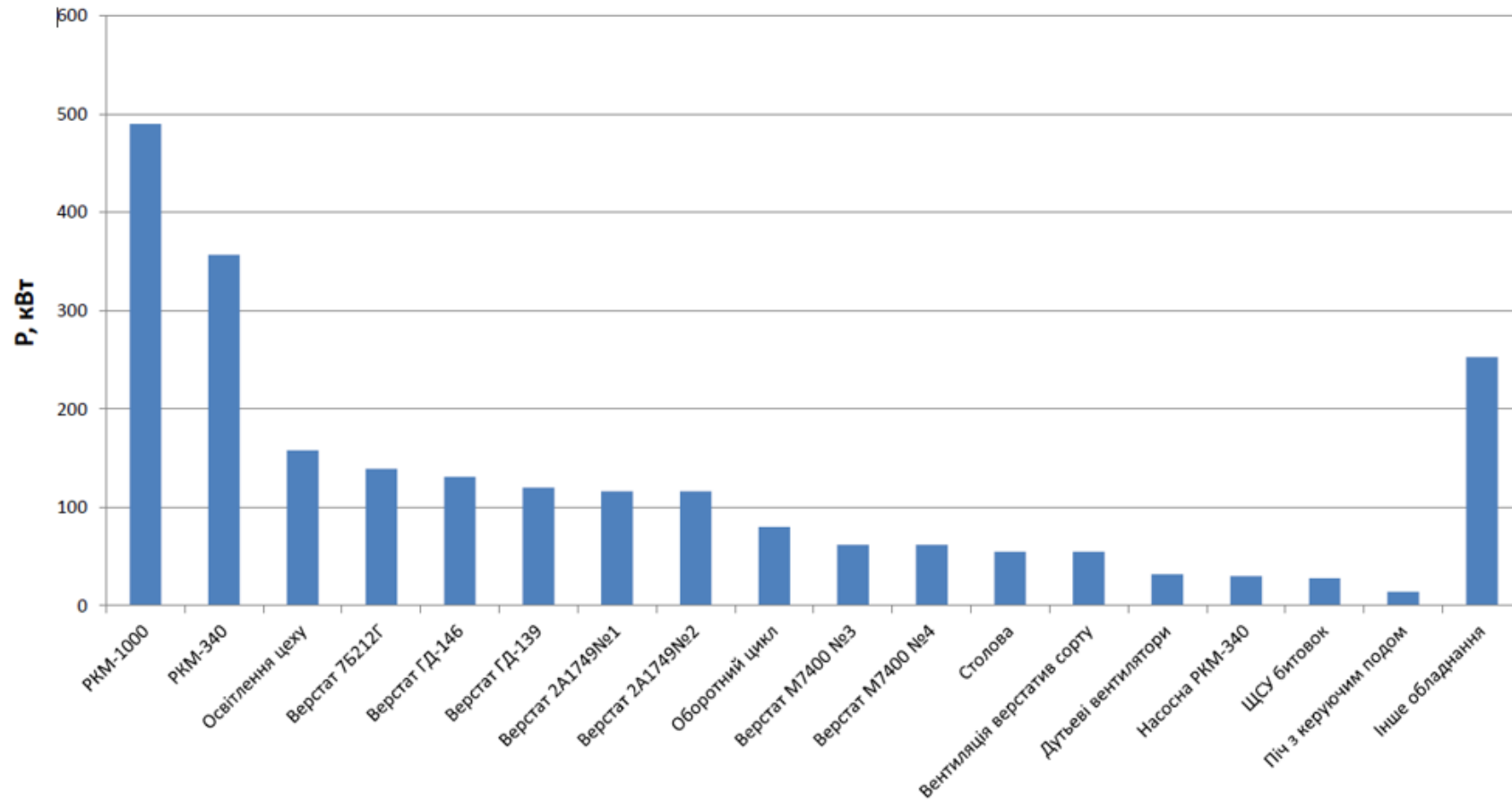
22. Потапенко, Е. М. Синтез инвариантных и адаптивных к изменению сопротивления статора алгоритмов векторного управления асинхронным двигателем [Текст] / Е. М. Потапенко, Е. Е. Потапенко // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №2. – С. 16–29.

Додаток А
Демонстраційні матеріали до дипломної роботи
«Підвищення енергоефективності ковальського цеху
ПрАТ «Дніпроспецсталь»»

План ковальського цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»

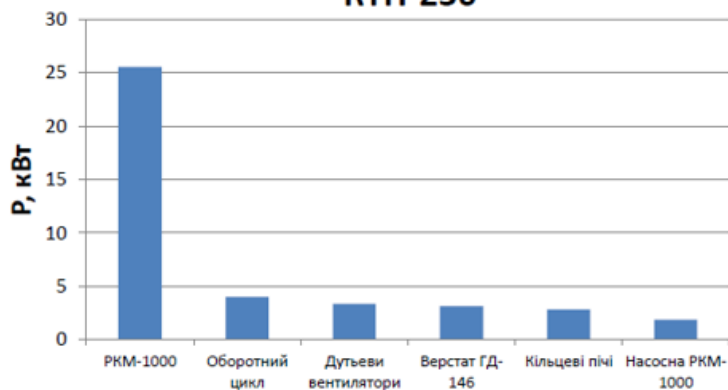


ПОТУЖНІСТЬ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ КОЕФІЦІЄНТУ ОДНОЧАСНОСТІ РОБОТИ МЕХАНІЗМІВ КОВАЛЬСЬКОГО ЦЕХУ

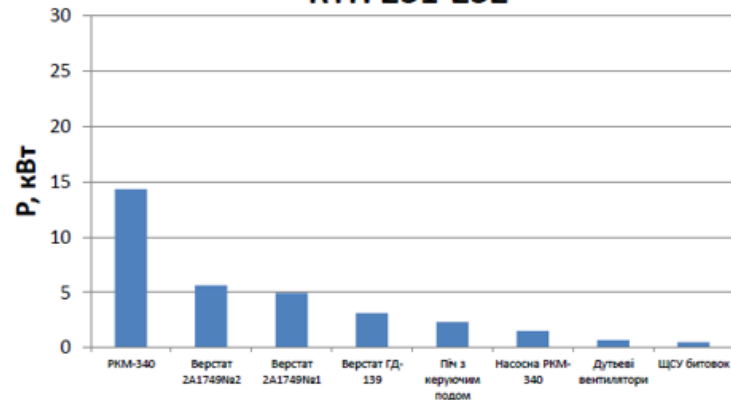


ВТРАТИ ПОТУЖНОСТЕЙ ОСНОВНИМ ОБЛАДНАННЯМ КОВАЛЬСЬКОГО ЦЕХУ

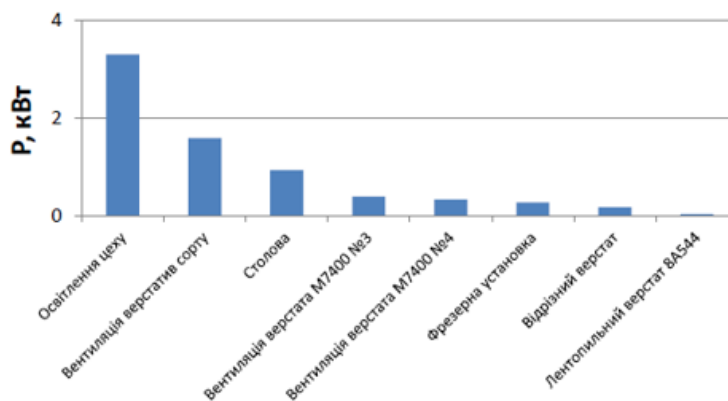
**Втрати потужності споживачами
КТП-230**



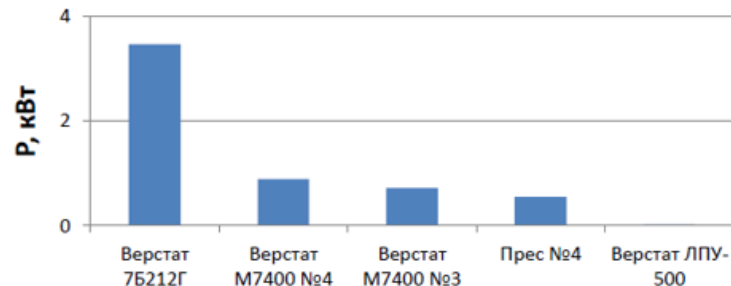
**Втрати потужності споживачами
КТП 231-232**



**Втрати потужності споживачами
ТП-62**

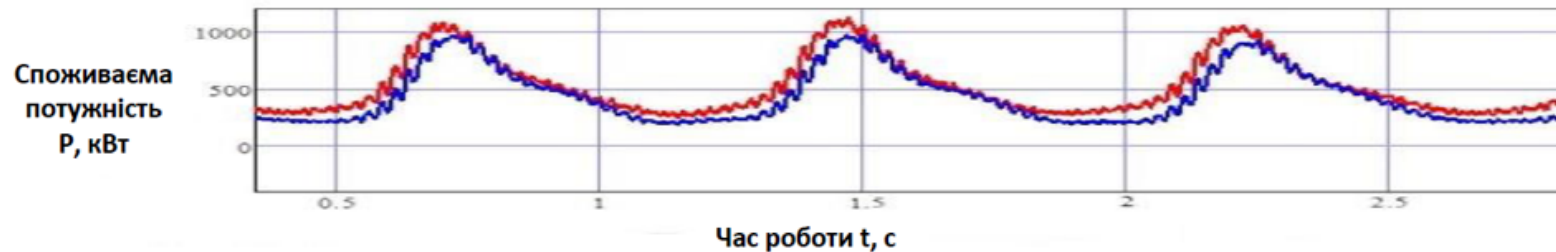


**Втрати потужності споживачами
КТП-213**



Осцилограми активної потужності, яка споживається з мережі електродвигунами RV502/6-8b 630 кВт РКМ - 1000 при роботі агрегату в штатному режимі

Графік роботи електродвигунів до встановлення фільтрів зниження гармонік

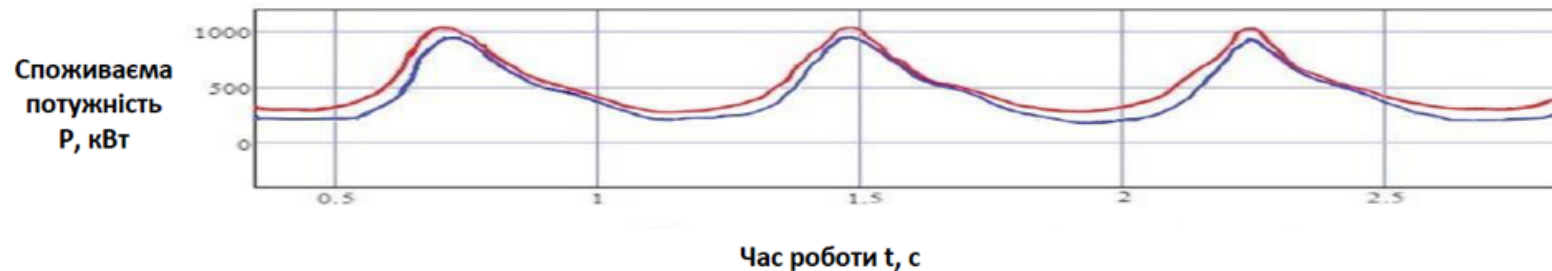


Коефіцієнти гармонічних складових $K_{u(5)} = 5\%$; $K_{u(7)} = 4.2\%$;

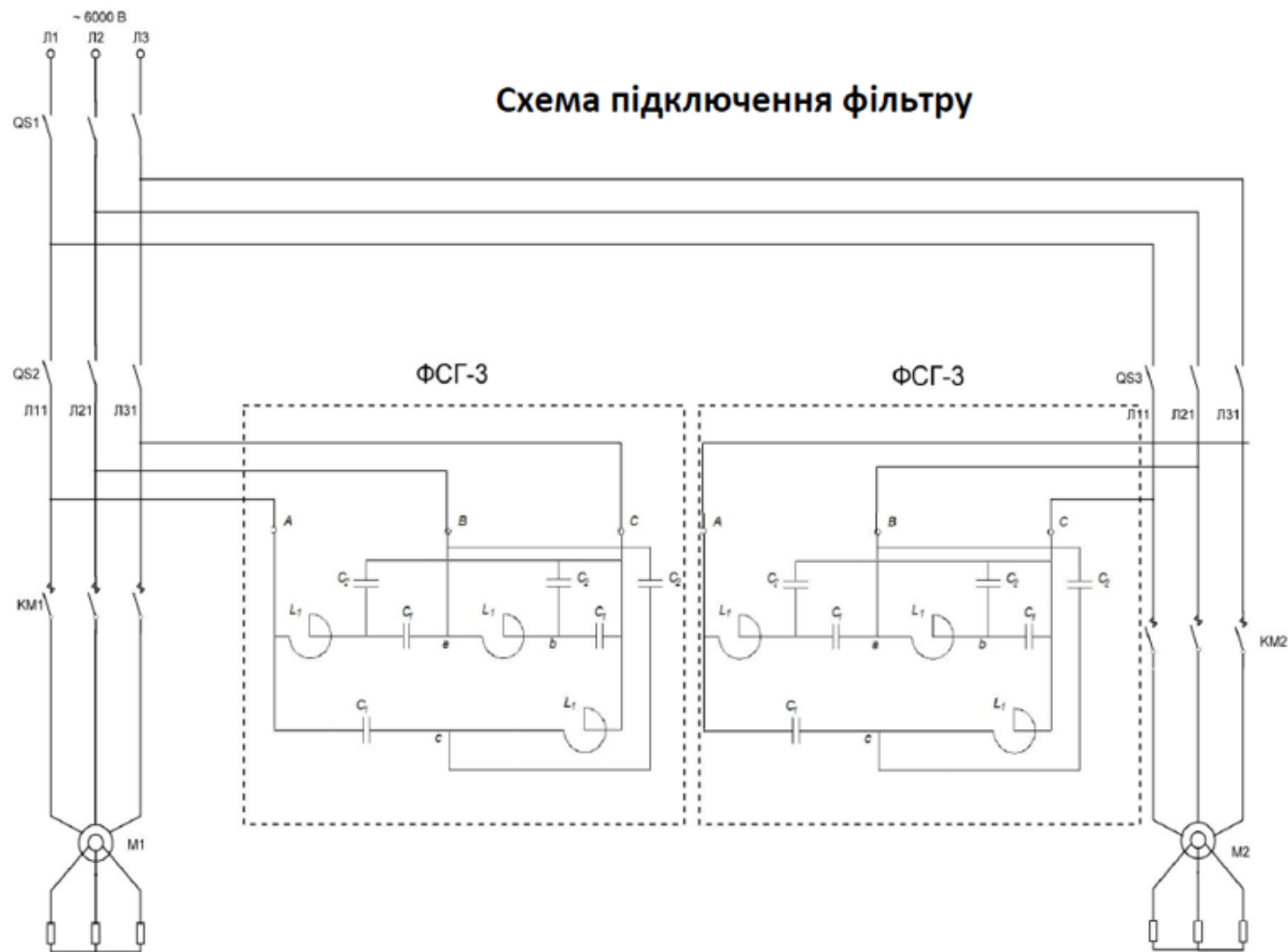
Щорічні збитки від скорочення служби ізоляції

$$Z = (250 \cdot T \cdot \Delta P_{ном} + 4K) \sum_{5,7} \frac{U_V^2}{V \cdot \sqrt{V}} \cdot \beta; \quad Z = (250 \cdot 6,574 \cdot 33,39 + 4 \cdot 5600) \cdot \left(\frac{0,3^2}{5 \cdot \sqrt{5}} + \frac{0,252^2}{7 \cdot \sqrt{7}} \right) \cdot 10 = 20\,570 \text{ грн/рік};$$

Графік роботи електродвигунів після встановлення фільтрів зниження гармонік



Застосування фільтру ФСГ-3 у розподільчому пристрої РП-6 кВ

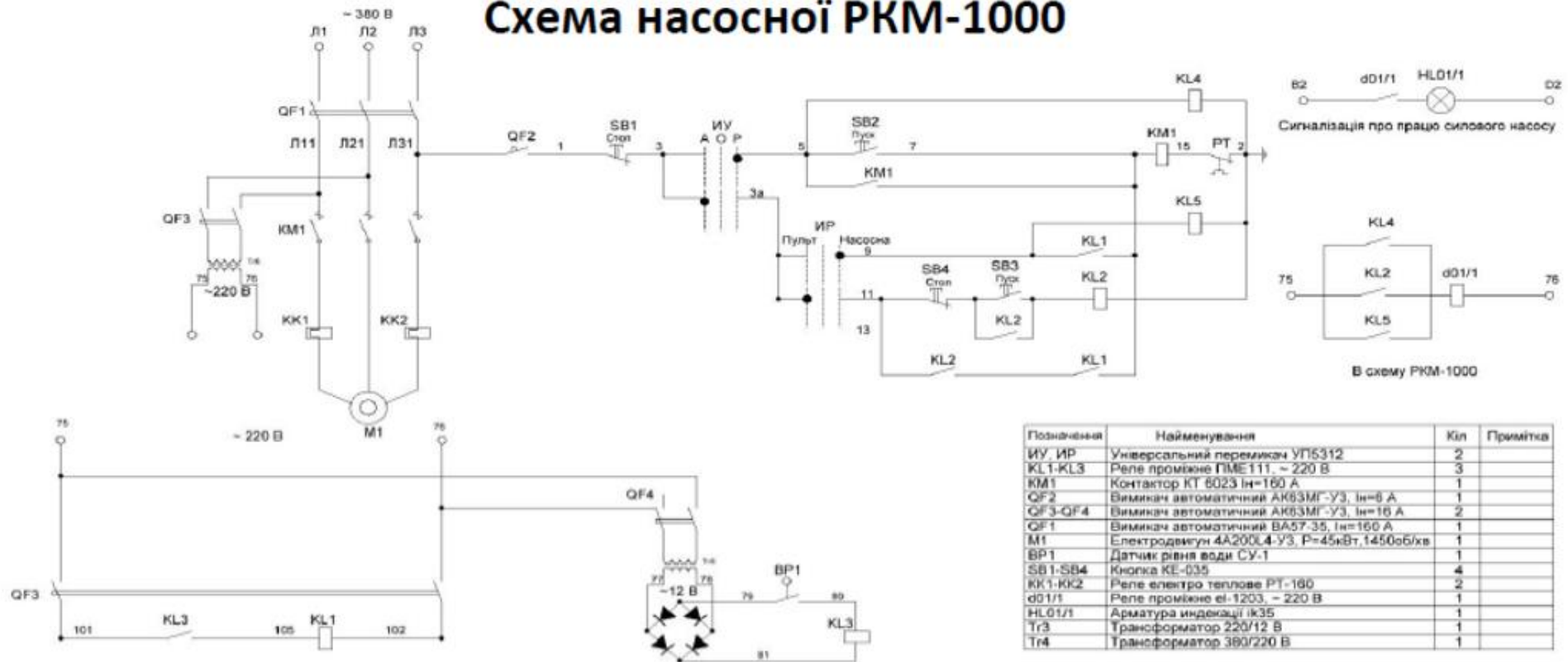


**Зовнішній вигляд
фільтру**



Схеми впровадження автоматичної роботи насосної РКМ-1000 та оборотного циклу

Схема насосної РКМ-1000



СХЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИКИ РОБОТИ НАСОСНОЇ РКМ-1000 ТА ОБОРОТНОГО ЦИКЛУ (продовження)

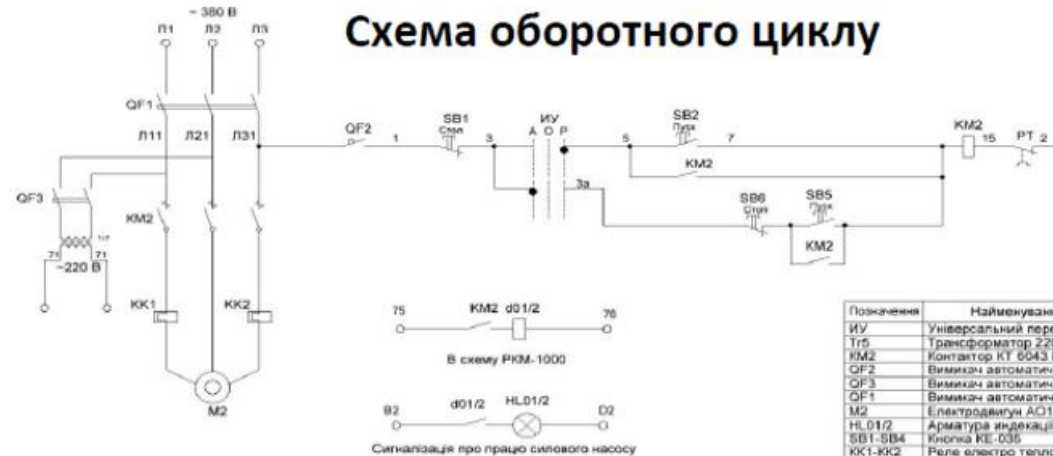
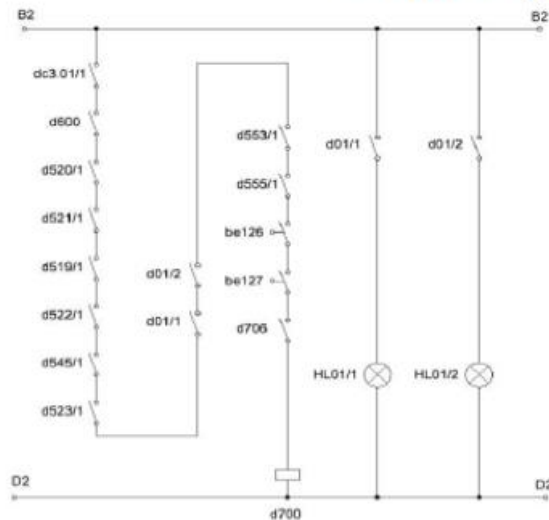


Схема агрегату РКМ-1000



Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
dс3.01/1	Контакт реле еі-1203	1	З'язка кувального блоку увімкнута
d500	Также	1	Тиск змазки в нормі
d520/1	>>	1	Густа змазка увімкнута
d521/1	>>	1	Рівень бака змазки в нормі
d519/1	>>	1	Двигун1 закриваючого пристрої справний
d522/1	>>	1	Двигун2 закриваючого пристрої справний
d545/1	>>	1	Тиск прижим в нормі
d523/1	>>	1	Тиск повітря в нормі
d01/1	>>	1	Силовий насос оборотного циклу увімкнут
d01/2	>>	1	Силовий насос насосної РКМ-1000 увімкнут
d553/1	>>	1	Захист двигуна 1 не спрацював
d555/1	>>	1	Захист двигуна 2 не спрацював
be126	>>	1	Щити двигуна 1 в початковому положенні
be127	>>	1	Щити двигуна 2 в початковому положенні
d706	>>	1	Аварійне вимкнення працює
d700	>>	1	Вимого включення гл. приводе виконані
HL01/1	Арматура сигнальна ік-35	1	Насос насосної РКМ-1000 працює
HL01/2	Арматура сигнальна ік-35	1	Насос насосної об. циклу працює