

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Підвищення ефективності КІП Нововолинськводоканал за рахунок вдосконалення системи керування насосним обладнанням**

Виконав: студент **6** курсу, групи **ЕТМ-62**

напряму підготовки (спеціальності)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<hr/>	Романюк О.Р. (прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Зінь М.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Мовчан Л.Т. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Тарасенко М.Г. (прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	Габрусєва І.Ю. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

студенту Романюку Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності КП Нововолинськводоканал за рахунок застосування нових методів керування насосним обладнанням

Керівник роботи Зінь Мирослав Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 10 листопада 2023 року № 4/7-1042

2. Термін подання студентом роботи 24 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика насосного обладнання КП Нововолинськводоканал. Характеристика водопровідних насосних станцій по свердловинам. Характеристика каналізаційних насосних станцій.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ.

2. Розрахунково-дослідницький розділ.

3. Проектно-конструкторський розділ.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Принципова технологічна схема міських каналізаційних очисних споруд.

2. Технологічна схема системи водопостачання м. Нововолинськ.

3. Технологічна схема системи каналізації м. Нововолинськ.

4. Зовнішній вигляд насосних агрегатів.

5. Структурні схеми керування насосним обладнанням.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н., доц. Гурик О.Я.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викл. Клепчик В.М.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. Мовчан Л.Т.</i>		

7. Дата видачі завдання

01 вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи	14.09.23 – 20.10.23	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки дипломної роботи	21.10.23 – 01.11.23	
3	Підготовка розділу « <i>Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях</i> »	02.11.23 – 15.11.23	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	16.11.23 – 01.12.23	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	02.12.23 – 14.12.23	
6	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу, підготовка доповіді на захист	14.12.23 – 24.12.23	

Студент

_____ (підпис)

Романюк О.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Зінь М.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 68 сторінок. В роботі міститься 26 рисунків, 47 формул і 7 таблиць.

Одним з ключових завдань сучасного технічного розвитку є стрімке зниження витрат електричної енергії на виробництво (підвищення енергоефективності, що часто визначається як енергозбереження). Насосні системи є одними з потужних споживачів електричної енергії, і потребують впровадження енергозберігаючих заходів. На даний час Україна на перекачування чистої та стічної води, включаючи оборотне водопостачання, витрачає мільярди кВт·год. електричної енергії щороку. Тому застосування сучасних систем керування насосним обладнанням дозволить зменшити споживання електроенергії від 5 до 15%, іноді можливе зменшення до 20–25%.

Метою кваліфікаційної роботи є зменшення споживання енергетичних ресурсів КП Нововолинськводоканал за рахунок застосування сучасних енергоефективних способів керування насосним обладнанням.

Об'єктом дослідження є способи автоматизованого керування насосними системами.

Предметом дослідження є комбіновані системи електромеханічної автоматизації насосного обладнання.

Перелік ключових слів:

НАСОС, ОБЛАДНАННЯ, КЕРУВАННЯ, ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СПОЖИВАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Характеристика КП «Нововолинськводоканал»	8
1.2 Характеристика водопровідних насосних станцій.....	18
1.3 Систем керування насосними установками	19
1.4 Висновки до розділу 1	25
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	27
2.1 Розрахунок енергоспоживання насосного обладнання в умовах постійного напору	27
2.2 Розрахунок підвищення ефективності від застосування перетворювача частоти.....	34
2.3 Висновки до розділу 2	37
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Оцінка ефективності роботи КП Нововолинськводоканал	38
3.2 Каскадне керування насосами з допомогою перетворювачів частоти	40
3.3 Розробка раціональної системи керування насосним обладнанням	42
3.3.1 Вибір перетворювача частоти	44
3.3.2 Вибір та характеристика основного силового обладнання	47
3.3.3 Вибір контакторів.....	49

	5
3.3.4 Вибір плавких запобіжників	49
3.3.5 Вибір датчиків тиску	49
3.4 Розробка функціональної схеми системи автоматичного керування насосним обладнанням	51
3.5 Висновки до розділу 3	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	56
4.1 Аналіз роботи служби охорони праці на КП Нововолинськводоканал	56
4.2 Аналіз забезпечення пожежної безпеки на КП Нововолинськводоканал	57
4.3 Запобігання аваріям на виробництвах із застосуванням хлору. Вплив хлору на людей, перша допомога, профілактика уражень	59
4.4 Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65

ВСТУП

Актуальність теми. При стрімкому зростанні цін на енергоресурси при обмеженості запасів прісної води, розробка автоматизованих систем керування водопостачанням є пріоритетною задачею. Особливо це стосується потужних установок з тривалим терміном експлуатації. Застосування енерго- та ресурсозберігаючих алгоритмів керування у таких системах може забезпечити значний економічний ефект.

Реконструкція існуючих насосних систем комунальних водопостачальних підприємств, існуюча схема керування яких побудована на електроприводах з перетворювачами частоти, призведе до зменшення споживання електроенергії, скорочення невиробничих витрат води та зменшення зношуваності насосного обладнання.

Підтримання сталої величини напору в напірному трубопроводі або в диктуючій точці мережі є найбільш поширеним алгоритмом керування при використанні регульованого електропривода в системах водопостачання. Впровадження кібернетичних систем сприяє підвищенню енергоефективності насосних установок.

Враховуючи особливості сучасного економічного розвитку, автоматизація систем водопостачання повинна окрім підтримання необхідних параметрів технологічного процесу, надійності та економічності функціонування комплексів водопостачання, створювати передумови до ефективного використання енергоресурсів споживачами з проведенням вчасного, достовірного моніторингу енергоспоживання.

Метою кваліфікаційної роботи є зменшення споживання енергетичних ресурсів КП Нововолинськводоканал за рахунок застосування сучасних енергоефективних способів керування насосним обладнанням.

Об'єктом дослідження є способи автоматизованого керування насосними системами.

Предметом дослідження є комбіновані системи електромеханічної автоматизації насосного обладнання.

Апробація роботи. Романюк О.Р. Підвищення енергетичної ефективності різних об'єктів комунального господарства. // М.М. Зінь, О.Р. Романюк, О.С. Довжанин // Збірник тез доповідей. Матеріали XII міжнародної науково - технічної конференції «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 6 - 7 грудня 2023р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2023.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, переліку посилань (30 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 68 сторінок, 7 таблиць і 26 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика КП «Нововолинськводоканал»

Для забезпечення мешканців чистою питною водою, а також створення системи централізованого водопостачання та водовідведення у м. Нововолинськ та селищі Благодатному, а також прилеглих до міста селах 65 років тому було створено Нововолинськводоканал.





Рисунок 1.1 – Загальний вигляд будівлі водоканалу (збудована у 1956 році).

Нововолинський водоканал надає послуги більше двадцяти тисячам абонентів половина з яких користується лічильниками. На підприємстві постійно працює більше двохсот працівників. Для систематичної перевірки якості води на підприємстві діє власна лабораторія.



Рисунок 1.2 – Приміщення лабораторії підприємства.

Водопостачання міста здійснюється з 27 підземних свердловин Сенонського водного горизонту. У 2023 році експлуатується лише 21 свердловина серед них 10 знадиться на Південному а 11 на Північному водозаборі.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд машинного відділення свердловини Північного водозабору.

Загальна довжина усіх водопровідних мереж комунального підприємства складає приблизно 207 км.

Водозабірні споруди підприємства перекачують 38 тис.м³ води на добу, Північний водозабір перекачує 26 тис.м³ на добу, а Південний - 12 тис.м³ на добу. Технічні характеристики артезіанських свердловин та якісні показники води для Північного та Південного водозаборів подані в таблицях 1.1, 1.2, 1.3 та 1.4.

Проектна потужність складає 37,5 тисяч кубометрів на добу, при цьому Північний водозабір забезпечує 26,4 тисяч кубометрів щоденно, а Південний - 11,1 тисяч кубометрів на добу.

До каналізаційний мереж міста входить п'ять насосних станцій, з

допомогою яких транспортують стоки до аеротенків.



Рисунок 1.4 – Очисні споруди КП «Новоовлинськводоканал».



Рисунок 1.5 – Очисні споруди КП «Новоовлинськводоканал».



Рисунок 1.6 – Очисні споруди КП «Новоовлинськводоканал».



Рисунок 1.7 – Каналізаційний колектор КП «Новоовлинськводоканал».

Очищена вода транспортується трубами на шість кілометрів і виливається у річку Західний Буг.

Таблиця 1.1 – Характеристики свердловин Північного водозабору

1.	Номер свердловини	00	01	02	03	10	11	12	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.	Рік буріння	1980	1978	1979	1979	1951	1951	1951	1978
3.	Глибина свердловини, м.	120	120	120	120	120	120	120	120
4.	Абс.відмітка, м.	190,2	192,2	191,2	191,2	194,5	196,9	193,2	190,0
5.	Літологічний склад	Мергель світлосірий трещинуватий							
6.	Геологічний вік водоносних порід	Сенонський водоносний горизонт							
7.	Статичний рівень, м.	2,1	5,0	4,0	4,1	8,5	10,0	7,0	1,4
8.	Динамічний рівень, м.	6,5	9,5	11,5	6,6	14,0	15,0	15,0	13,85
9.	Дебіт, м ³ /год.	124	190	168	205	80	80	198	157
10.	Пониження, м.	4,4	4,5	7,5	2,5	5,5	5,0	8,0	12,45
11.	Тип фільтра і його діаметр, мм.	Каркасний щільний							
		426	426	426	426	300	300	426	426
12.	Установка робочої частини фільтра, м.	34,3-79,1	34,68-78,1	34,7-78,7	34,8-79,5	30,7-80,0	28,7-75	22,8-80,0	34,5-80,2
13.	Тип насосу	ЕЦВ1 3 255-30	УПК-87-2	УПК-87-2	УПК-87-2	ЕЦВ1 0-120-60	АТН1 0 1-13	ЕЦВ10 -120-60	УПК-87-2
14.	Продуктивність свердловини, м ³ /год.	120	120	120	120	120	70	120	120
1.	Номер свердловини	284	285	286	205	510	511	512	513
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.	Рік буріння	1971	1971	1972	1981	1989	1989	1989	1989
3.	Глибина свердловини, м.	120	120	120	120	90	90	90	90
4.	Абс.відмітка, м.	189,8	191,1	191,0	188,7	192,0	192,0	194,8	191,89
5.	Літологічний склад	Мергель світлосірий трещинуватий							
6.	Геологічний вік водоносних порід	Сенонський водоносний горизонт							
7.	Статичний рівень, м.	0,5	2,7	3,1	-	5,2	2,2	4,65	3,2
8.	Динамічний рівень, м.	2,3	4,3	9,0	-	10,02	4,18	12,16	4,96
9.	Дебіт, м ³ /год.	178	205	185	-	80	80	80	80

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.	Пониження, м.	1,8	1,6	5,9	-	4,82	1,98	7,51	1,76
11.	Тип фільтра і його діаметр, мм.	Каркасний щілинний							
		529	529	426	426	426	426	426	426
12.	Установка робоч. частини фільтра, м.	30-80	27,1-72,7	27-75	34,5-79,8	34,0-80,2	34,67-78,28	34,86-79,02	35-75
13.	Тип насосу	УРК-87-2	УРК-87-2	УРК-87-2	-	-	-	-	-
14.	Продуктивність свердловини, м ³ /год.	120	120	120	-	-	-	-	-

Таблиця 1.2 – Характеристики свердловин Південного водозабору

1.	Номер свердловини	20	22	23	24	103	104	262	352
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Рік буріння	1962	1978	1963	1963	1965	1966	1970	1970
3	Глибина свердловини, м.	100	100	100	100	105	120	120	104
4	Абс.відмітка, м.	197,92	194,32	199,12	191,72	192,3	192,49	191,21	189,7
5	Літологіч. склад	Мергель світлосірий трещинуватий							
6	Геологічний вік водоносних порід	Сенонський водоносний горизонт							
7	Статичний рівень, м.	14,0	3,0	6,5	5,0	5,7	10,0	6,0	4,0
8	Динамічний рівень, м.	27,5	12,0	18,0	15,0	14,5	17,0	15,0	17,0
9	Дебіт, м ³ /год.	98	120	95	144	140	140	130	172
10	Пониження, м.	13,5	9,0	11,5	10,0	8,8	7,0	9,0	13,0
11	Тип фільтра і його діаметр, мм.	Каркасний щілинний							
		426	426	426	426	426	426	426	426
12	Установка робоч. частини фільтра, м.	26,9-69,4	25,3-68,05	22,8-80,0	22,5-80,3	24,7-65,6	24,9-67,3	32,0-80,0	30,7-79,8
13	Тип насосу	ЕЦВ8 25-150	ЕЦВ1 0 63-120	GCA. 8.02.2	ЕЦВ1 0 120-60	GCA. 8.02.2	GCA. 8.B3.2	GCA. 8.02.2	GCA. 8.B3.2
14	Продуктивність свердловини, м ³ /год.	25	63	120	120	120	120	120	120

Продовження таблиці 1.2

1.	Номер свердловини	895	896	897
1	2	3	4	5
2.	Рік буріння	1991	1991	1991
3.	Глибина свердловини, м.	100	100	100
4.	Абс.відмітка, м.	197,92	194,32	199,12
5.	Літологіч. склад	Мергель світлосірий трещинуватий		
6.	Геологічний вік водоносних порід	Сенонський водоносний горизонт		
7.	Статичний рівень, м.	14,0	3,0	6,5
8.	Динамічний рівень, м.	27,5	12,0	18,0
9.	Дебіт, м ³ /год.	98	120	95
10.	Пониження, м.	13,5	9,0	11,5
11.	Тип фільтра і його діаметр, мм.	Каркасний щілинний 426 426 426		
12.	Установка робоч. частини фільтра, м.	26,9-69,4	25,3-68,05	22,8-80,0
13.	Тип насосу	ЕЦВ8 25-150	ЕЦВ10 63- 120	GCA. 8.02.2
14.	Продуктивність свердловини, м ³ /год.	25	63	120

Таблиця 1.3 – Якісні показники води по підприємству «Нововолинськ-водоканал»

№	Показники		Номер свердловини				Вихід в мережу
			00	01	02	03	
1	Запах в балах	20°C	1	2	0	1	0
		60°C	1	2	1	1	0
2	Присмак		0	0	0	0	0
3	Колірність (в градусах)		2	18,5/24,2	13,5	19,5/10,0	1
4	Мутність (мг/л)		0,67	0,53/1,8	1,0	0,83/0,33	0,67
5	Прозорість		>30	>30	>30	>30	>30
6	Водневий показник (рН)		6,92	7,1/7,15	6,73	6,97/6,91	6,97
7	Окислюваність (мг/л)		2,96	2,4/2,48	5,04	1,92	2,4
8	Аміак та іони аміаку (мг/л)		0,364	0,096/0,017	0,104	0,103/0,094	0,079
9	Нітрити (мг/л)		0,005	0/0,005	0,0472	0/0,006	0,004
10	Нітрати (мг/л)		0,043	0,021/0,03	0,029	0,093/0,05	0,07
11	Загальна твердість (моль/л)		7,2	6,8/6,9	8,0	6,5/8	7
12	Сухий залишок (мг/л)		443	382/401	443	464/139,5	421
13	Хлориди (мг/л)		8,5	8,5/7,5	10	7,5/9	9,5
14	Сульфати (мг/л)		37,6	11,4/14,6	24,2	13,3/27,5	13,1
15	Залізо загальне (мг/л)		0,224	0,51/0,5	0,28	0,065/0,056	0,78

Продовження таблиці 1.3

№	Показники		Номер свердловини				Вихід в мережу
			10	11	12	13	
1	Запах в балах	20°C	1	0	0	1	0
		60°C	1	0	0	0	0
2	Присмак		0	0	0	0	0
3	Колірність (в градусах)		2	19,5	30	63,5	10,0
4	Мутність (мг/л)		0,67	4,66	5,5	8,63	1,2
5	Прозорість		>30	>30	>30	>30	>30
6	Водневий показник (рН)		6,92	6,76	6,75	6,5	7,05
7	Окислюваність (мг/л)		2,96	8,0	4,96	4,88	2,0
8	Аміак та іони аміаку (мг/л)		0,364	0,793	0,854	1,075	0,807
9	Нітрити (мг/л)		0,005	0,0083	0,0133	0,0322	0,0055
10	Нітрати (мг/л)		0,043	0,05	0,079	0,05	1,83
11	Загальна твердість (моль/л)		7,2	7,9	7,4	6,8	5,6
12	Сухий залишок (мг/л)		443	456,5	416	381	409
13	Хлориди (мг/л)		8,5	9,5	8,5	9,0	9,0
14	Сульфати (мг/л)		37,6	26,1	7,6	12,6	7,9
15	Залізо загальне (мг/л)		0,224	1,151	1,28	2,23	0,09
№	Показники		Номер свердловини				Вихід в мережу
			20	22	23	24	
1	Запах в балах	20°C	0	0	0	1	0
		60°C	0	0	0	1	0
2	Присмак		0	0	0	0	0/1
3	Колірність (в градусах)		2	11	7	27	11,5
4	Мутність (мг/л)		0,67	0,23	0,1	0,033	0,06
5	Прозорість		>30	>30	>30	>30	>30
6	Водневий показник (рН)		6,92	7,25	6,05	6,2	7,1/6,95
7	Окислюваність (мг/л)		2,96	6,56	3,6	4,72	2,32
8	Аміак та іони аміаку (мг/л)		0,364	0,076	0,086	0,325	0,89/0,75
9	Нітрити (мг/л)		0,005	0,009	0,0022	0,0011	0,007/0,008 4
10	Нітрати (мг/л)		0,043	0,009	0,0022	0,0011	0,078
11	Загальна твердість (моль/л)		7,2	5,8	6,2	7,7	5,75/7,3
12	Сухий залишок (мг/л)		443	414	344	476,5	451/448
13	Хлориди (мг/л)		8,5	15	9	11,5	7,5
14	Сульфати (мг/л)		37,6	20,2	11,9	62,0	10,5/32,4
15	Залізо загальне (мг/л)		0,224	0,11	0,012	0,43	0,5/0,47

Продовження таблиці 1.3

№	Показники		Номер свердловини				Вихід в мережу
			103	104	262	352	
1	Запах в балах	20°C	0	2	1	0	0
		60°C	0	2	1	0	0
2	Присмак		0	0	2	1	0
3	Колірність (в градусах)		2	5	37	8	17,5
4	Мутність (мг/л)		0,67	0,3	0,87	1,37	0,77
5	Прозорість		>30	>30	>30	>30	>30
6	Водневий показник (рН)		6,92	7,1	6,06	7,05	7,05
7	Окислюваність (мг/л)		2,96	2,56	3,1	0,48	3,2
8	Аміак та іони аміаку (мг/л)		0,364	0,69	3,225	1,207	1,884/2,55
9	Нітрити (мг/л)		0,005	0,0056	0,0039	0,00611	0,004/0,002
10	Нітрати (мг/л)		0,043	0,143	0,009	0,51	0,171
11	Загальна твердість (моль/л)		7,2	7,1	7,8	5,7	6,3
12	Сухий залишок (мг/л)		443	440/438	476	406	437
13	Хлориди (мг/л)		8,5	12,5	45	9,5	22,5
14	Сульфати (мг/л)		37,6	17,8	84,9	10,5	12,7
15	Залізо загальне (мг/л)		0,224	0,249	0,13	0,35	0,42

Вода, піднята із свердловин, поступає в резервуари чистої води (РЧВ), де в яких проводиться її хлорування, додаючи до води 3,0 - 4,0 мг/л зрідженого хлору.

Характеристика РЧВ представлена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Характеристика резервуарів з чистою водою

Назва насосної станції	Технічна характеристика		Рік будівництва резервуарів	Матеріал
	Кількість резервуарів	Загальний об'єм, м ³		
Північний водозабір	2	2×300	1956	Залізобетон
	2	2×1000	1977	Залізобетон
	2	2×2000	1983	Залізобетон
Разом:	6	6600		
Південний водозабір	2	2×400	1963	Залізобетон
Всього	8	7400		

Артезіанська вода з допомогою насосних станцій II-го підйому трубопроводами подається до споживачів. На Північному водозаборі діють дві насосні станції, на Південному водозаборі – одна, але у зв'язку із зменшенням об'ємів споживання води, одну з насосних станцій північного водозабору закон-сервували.

1.2 Характеристика водопровідних насосних станцій

З північної частини водозабору до міста ідуть 6-ть водоводів з діаметрами 630, 530, 630, 530, 400, 400, 250 та 200 мм, а з південної частини три водоводи діаметрами 400, 400 та 200 мм. Один з трьох іде до Нововолинська, другий - до Благодатного, а третій з'єднує Нововолинськ і Благодатне у районі (с. Нова Лішня).

Зважаючи на те що у шахтах на прилеглих територіях раніше здійснювався видобуток вугілля тому до міста 39,7 км магістральних водоводів або 66,5% їх загальної довжини прокладено сталевими трубами ще 16,8 км прокладені чавунними трубами, а 3,2 км - азбестоцементними. Сумарна довжина водогонів КП Нововолинськводоканал рівна 59,7 км.

У розподільчій мережі міста довжиною 146,2 км 60% труб це чавунні труби, 32,2% - сталеві, 7,1% - азбестоцементні. Більшість водопровідних мереж підприємства було прокладено понад 30 років тому. З врахуванням цього можна зробити висновок, що майже всі вони знаходяться в аварійному стані. Характеристика магістральних водогонів та розподільчої водопровідної мережі міста Нововолинська представлена в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Технічні дані водопровідних насосних станцій міста Нововолинськ

№	Назва Насосної станції та марка насосів	Продуктивність м ³ /доб	Рік	Насосний агрегат						Стан			
				Q, м ³ /год	H, м	N, кВт	Максим.		Мінім.		буд. частини	мех. частини	електр. частини
							год.	H, м	год.	H, м			
	Північний водозабір												
1	<i>ВНС №1</i>	7000	1956	ВНС №1 (Законсервовано)									
	ЦН 400-105			400	106	160							
	3 В 200х2			500	42.5	160							
	3 В 200х2			500	42.5	200							
2	<i>ВНС №2</i>	10 000	1978							+++	+++	++	
	ЦН 400-105			400	106	160	12		1				
	200Д-90			700	90	250							
	3 В 200х2			500	42.5	200	24	60	6	60			
	ЦН 400-105			400	106	160							
	Південний водозабір												
3	<i>ВНС -II-го підйому</i>	5 000	1961							++	++	++	
	3 В 200х2			500		160	7		1				
	3 В 200х2			360		132	19	72	6	68			
	3 В 200х2			500		200							
	Д200-95			200	95	90		65		6,3			
				200		75							

1.3 Систем керування насосними установками

Відповідно до принципів ТАК (теорії автоматичного керування) у водопостачальних системах виділяють такі групи керування: системи з відомою інформацією до яких відносять стабілізуючі системи та системи програмованого керування, а також з неповною початковою інформацією, такі як кібернетичні системи.

Зображена на рисунку 1.8 система автоматичного керування призначена для ефективної роботи насосної установки з дотриманням постійного напору у системі водопостачання при будь-якому рівні водоспоживання.

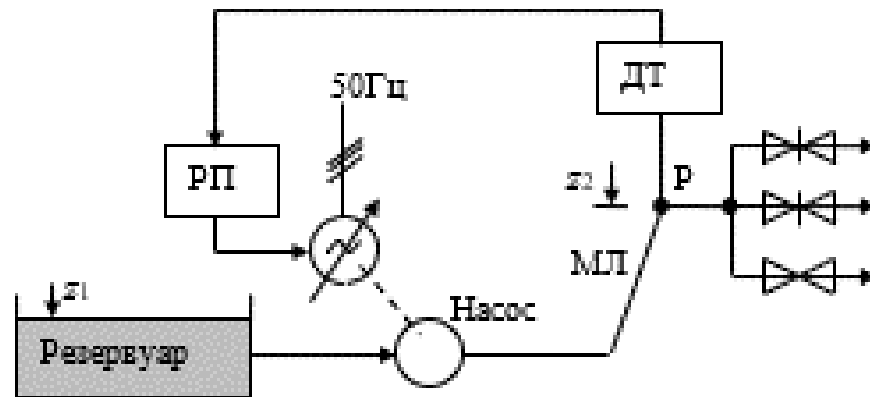


Рисунок 1.8 – Схема керування насосною установкою з забезпеченням сталого напору

В нормальнофункціонуючій системі водопостачання в певній точці P напір є величиною довільною $H_{вільн}$. Точка P як правило відповідає на відмітці z_2 . У резервуарі чистої води (РЧВ) вода повинна знаходитись на позначці z_1 .

Отже схема буде працювати тоді, коли насос зможе здолати гідравлічний опір у магістральній лінії, тоді напір в точці P буде:

$$H_P = (H_{z_2} - H_{z_1}) + H_{вільн}. \quad (1.1)$$

Керування напором відбувається за рахунок зміни частоти обертання насоса при невеликих відхиленнях напору в точці P . Це призводить до плавного переміщення робочої точки по водопроводу і дозволяє системі працювати в економному режимі без перевищення напору.

Одним з найкращих алгоритмів керування насосним обладнанням є метод підтримання постійного напору в напірному трубопроводі, при цьому не враховуються втрати в системі.

Максимально допустимий напір H_{\max} в напірному трубопроводі та номінальна продуктивність $Q_{\text{ном}}$ насосної установки визначається необхідним значенням напору для даної мережі (рис. 1.9). Мінімумально допустимий напір одного агрегату знаходиться в межах квадратичної параболи OF , що проходить через точки із максимально допустимією продуктивністю при заданих частотах обертання (область допустимих режимів позначена точками $OABFO$).

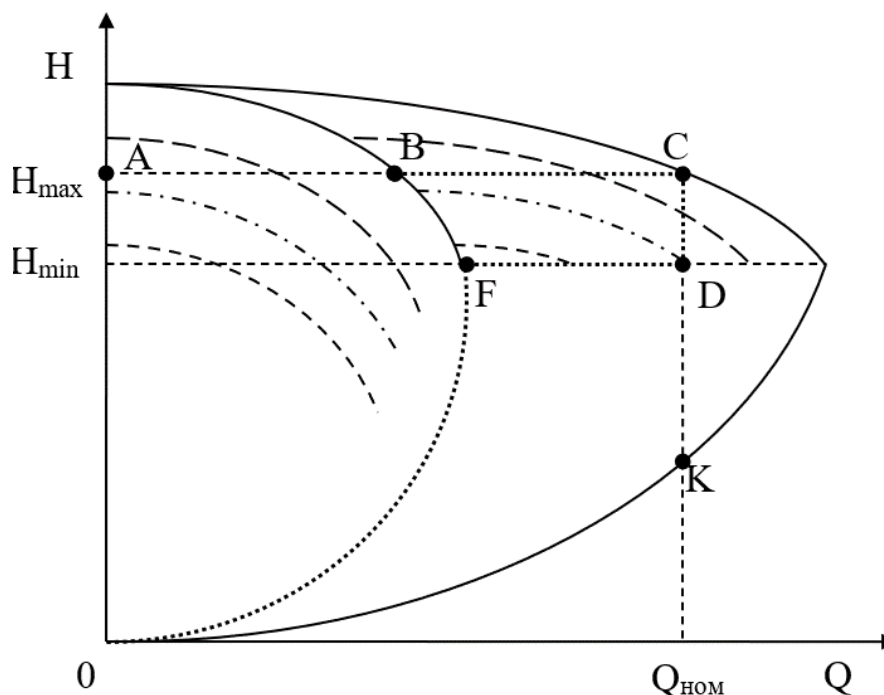


Рисунок 1.9 – Графік діапазонів роботи насосів при паралельній роботі

Мінімумально допустимий напір двох агрегатів H_{\min} (регульованого і нерегульованого) визначається точкою F , де нерегульований агрегат працює з максимальною продуктивністю, регульований – з нульовою продуктивністю (область допустимих режимів роботи установки обмежена лініями BC , CD , DF , FB).

На рис. 1.10 бачимо, що наявність нерегульованих насосів суттєво обмежує робочий діапазон насосної установки. При оснащенні частотними перетворювачами всіх насосних агрегатів для отримання необхідного значення напору їхня швидкість змінюється синхронно.

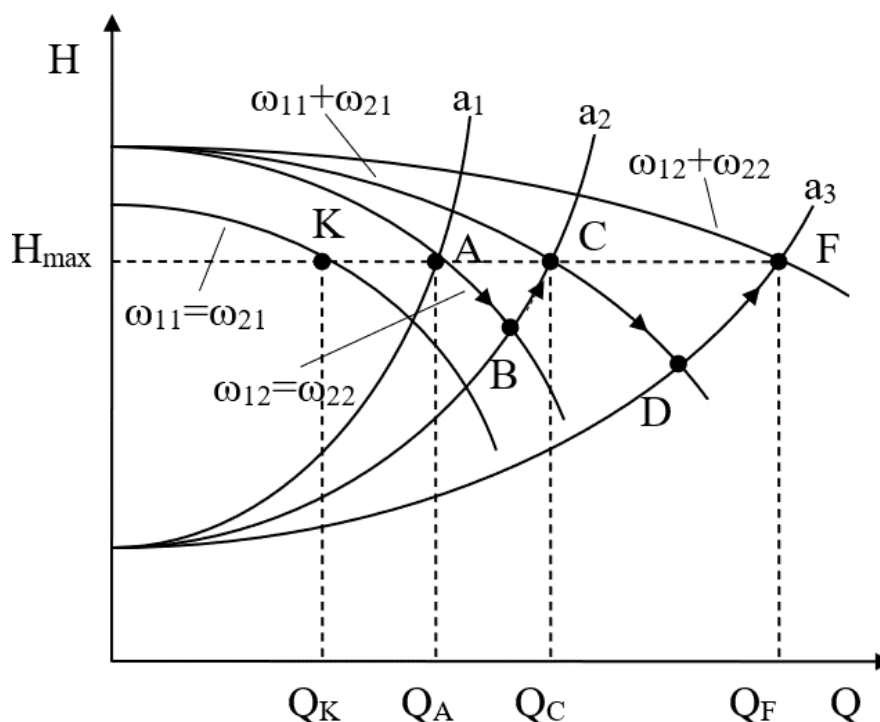


Рисунок 1.10 – Напірні характеристики в режимі паралельної роботи

При опорі мережі a_1 насос 1 працює з продуктивністю Q_A , створюючи напір H_{\max} за максимальної швидкості ω_{11} (рис. 1.10). Зростання водоспоживання (опір мережі a_2) призводить до зменшення напору та збільшення подачі установки. Для відновлення напору до попереднього значення в роботу вступає насос 2. Швидкість насосів вирівнюється ($\omega_{11} = \omega_{21}$). Сумарна продуктивність насосів становить Q_C . Кожен насос працює з продуктивністю Q_K . При максимальних витратах води в системі (опір мережі a_3) швидкість насосів зростає ($\omega_{12} = \omega_{22}$). Таким чином, в процесі регулювання робочі точки системи послідовно проходять положення A, B, C, D, F .

Для врахування добової нерівномірності попиту на воду в сучасних насосних установках передбачено регулювання уставки напору з можливістю завдання денного і нічного режиму та часу переходу.

Прикладом застосування регульованого електропривода в багатоагрегатній насосній установці може слугувати автоматизована система керування виробництва корпорації Триол. Регулювання частоти обертання здійснюється

перетворювачем частоти із транзисторним (*IGBT*) інвертором напруги на основі широтно-імпульсної модуляції.

Автоматизована система керування насосної станції призначена для підтримання заданого тиску в системі водопостачання шляхом регулювання частоти обертання двигуна насоса, підключення додаткових насосів, а також вмикання насосних агрегатів у випадку аварії електропривода (рис. 1.11).

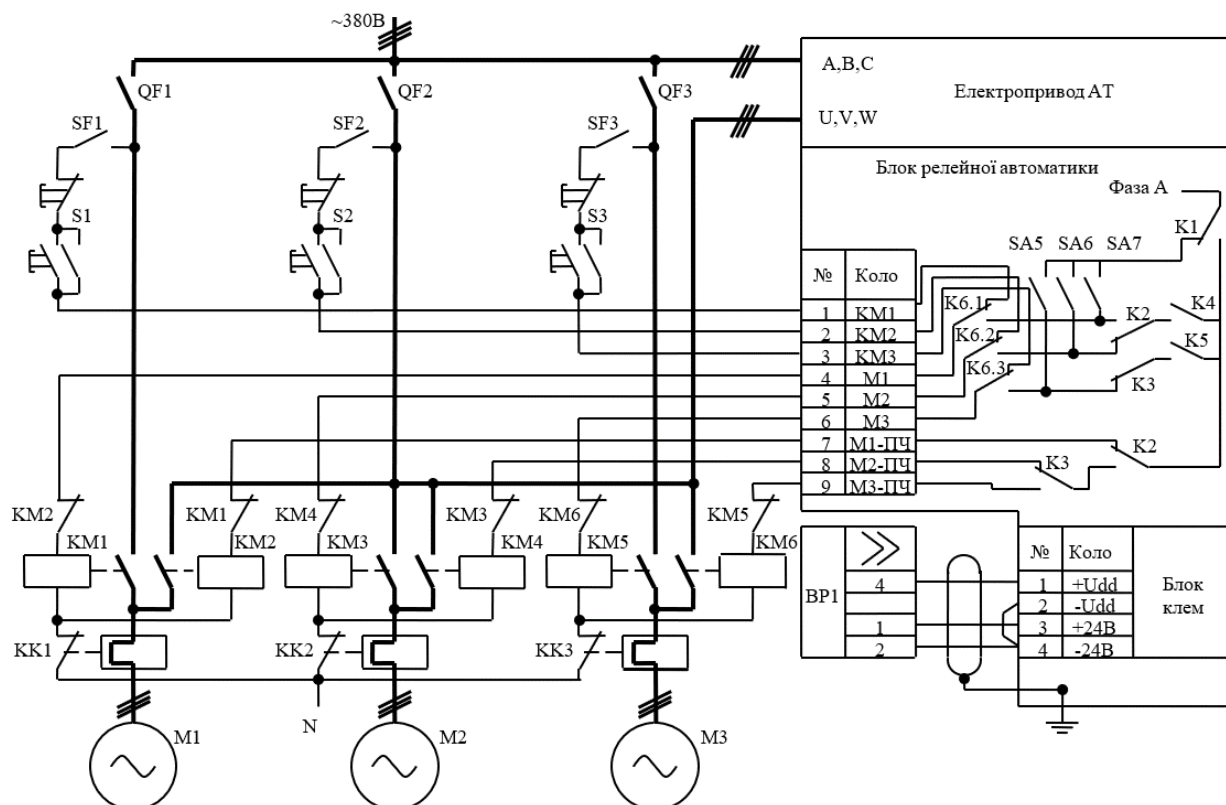


Рисунок 1.11 – Електрична схема автоматизованої системи

Електропривід у цій системі працює за програмою для насосної станції з трьома агрегатами та оснащений блоком програмованих реле. Команди керування на реле подаються від контролера. Підключення електродвигунів до перетворювача або мережі здійснюється при допомозі реверсивних пускачів *KM1–2*, *KM3–4*, *KM5–6*, які вмикаються через контакти реле. Застосування реверсивних вимикачів викликане необхідністю захисту від потрапляння напруги мережі на вхід перетворювача.

Кнопки дозволяють вмикати насоси в ручну при вимкненому електроприводі *AT*, коли реле *K6* вимкнено. Перемикачі *SA5*, *SA6*, *SA7* призначені для вибору насосних агрегатів, що вмикаються автоматично у випадку аварії перетворювача.

Програма керування реалізована таким чином, що будь-який двигун запускається плавно через перетворювач. При вмиканні додаткового насоса агрегат, що працює від перетворювача, перемикається на роботу від мережі, а додатковий – приєднується до виходу перетворювача і плавно розганяється. Сигнал зворотного зв'язку за тиском формується датчиком *BP1*.

В основному системи керування володіють типовими наборами функцій захисту: електронний захист від аварій в мережі електроживлення; захист від коротких замикань; електронний захист від струмових перевантажень; електронний захист насосів від «сухого ходу» за струмом ($\cos\phi$) або від датчика на вході насосної установки (реле тиску, датчика тиску із виходом 4-20 мА, поплавкового вимикача).

Відомо, що чим нижче напір в системі, тим менші витрати на транспортування води. Причинами підвищеного напору є збільшення гідравлічного опору мережі через спрацювання водопроводу та невиконання технологічних вимог, невідповідність режиму притоку та споживання рідини тощо. Правильний вибір насосного обладнання, проектування водопроводу із врахування особливостей конкретних мереж в сукупності зі стабілізацією напору значно покращує енергетичні показники системи водопостачання. Але певна частина води втрачається через отвори, нещільності в трубопровідній арматурі, переливання зливних бачків в санітарних вузлах. Значний напір в системі сприяє непродуктивним витратам води через те, що споживачу подається більше води чим потрібно. Крім того, протікання та непродуктивні витрати води потрапляють в каналізацію, що також вимагає додаткових витрат електроенергії на перекачування додаткових стоків.

Кількість води, що витікає із отвору пропорційна квадратному кореню від значень напорів :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}}, \quad (1.2)$$

де Q_1 – витрати при меншому напорі H_1 ; Q_2 – витрати при більшому напорі H_2

Відповідно наявність значного напору в мережі збільшує протікання і непродуктивні витрати на величину:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = Q_1 \left(\sqrt{\frac{H_2}{H_1}} - 1 \right). \quad (1.3)$$

Таким чином, зростають витрати на перекачування чистої води, яка марно зливається в кращому випадку в каналізацію, в гіршому – через отвори в трубах і з'єднаннях в ґрунті.

1.4 Висновки до розділу 1

Із врахуванням режимів роботи насосів, тиску в мережі та розгалуженості водогонів можна зробити висновок, що система керування насосами на водозаборі не забезпечує повного контролю за рівнем водопостачання та не може впливати на економію води у споживачів. Отже:

1. В результаті проведених аналітичних досліджень ми встановили, що найбільш поширеним методом керування в існуючих системах водопостачання є регулювання напору. Такий метод не дає змогу економити електричну енергію за рахунок зниження частоти обертання приводу насоса в діапазоні низьких напорів.

2. Як правило система підвищення тиску на підприємствах комунального міського водогосподарства обладнана установками із каскадно-частотним керуванням.

3. Існуючі системи автоматичного керування насосними установками не враховують потреби споживачів в режимі реального часу та не спонукають їх до економії.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок енергоспоживання насосного обладнання в умовах постійного напору

Стабілізація напору є найбільш поширеним методом керування в насосних установках міського водопостачання. Прийmemo, що продуктивність $Q_{АЛГ}$ і $Q_{П}$ буде однаковою, тоді:

$$a_{АЛГ} = \frac{H_{АЛГ} - H_{cm}}{Q_{АЛГ}^2}, \quad (2.1)$$

де $H_{АЛГ}$ – напір установки ($H_{АЛГ} = var$).

Якщо $Q_{П} = Q_{АЛГ}$, тоді:

$$a_{П} = \frac{H_{П} - H_{cm}}{Q_{АЛГ}^2}, \quad (2.2)$$

де $H_{П}$ – напір установки з регулятором ($H_{П} = const$).

Витрати електроенергії час керування:

$$W_i = P_i T_0, \quad (2.3)$$

де P_i – споживана потужність установки на відповідних проміжках часу.

Загальна кількість спожитої енергії:

$$W_{\Sigma} = \sum_1^S W_i, \quad (2.4)$$

де S – кількість фіксованих проміжків часу під час роботи електромеханічних систем.

Впорядковану діаграму подачі рідини за певний проміжок часу можна

описати рівнянням:

$$Q = Q_{\delta} \left((1 - \xi) \frac{t}{T} + \xi \right), \quad (2.5)$$

де Q_{δ} – найбільша продуктивність установки; ξ – відносна мінімальна – подача ($\xi = Q_{\min} / Q_{\delta}$).

Після розв'язання виразу (2.5) отримаємо:

$$W_{\Sigma} = \frac{P_{\delta} T (1 + \xi)}{4} \left((1 + H_{cm}^*) + \xi^2 (1 - H_{cm}^*) \right), \quad (2.6)$$

де P_{δ} – потужність, що споживається установкою при найбільшій продуктивності; H_{cm}^* – відносне значення статичного напору ($H_{cm}^* = H_{cm} / H_{\delta}$). H_{δ} – напір, що відповідає найбільшій продуктивності установки.

Економія електроенергії при застосуванні інтерактивного керування відносно системи стабілізації напору:

$$E_{\Sigma} = \frac{W_{\Sigma\Pi\Pi} - W_{\Sigma\Pi\Pi}}{W_{\Sigma\Pi\Pi}} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де $W_{\Sigma\Pi\Pi}$ – сумарна кількість електричної енергії, що спожита установкою в умовах роботи ПП-регулятора; $W_{\Sigma\Pi\Pi}$ – витрати електроенергії при інтерактивному методі керування.

Економія електроенергії на кожному такті:

$$E_i = \frac{W_{\Pi\Pi i} - W_{\Pi\Pi i}}{W_{\Pi\Pi i}} \cdot 100. \quad (2.8)$$

Споживана потужність на кожному кроці квантування:

$$P_i = \frac{Q_i H_i \rho g}{\eta_{ПЧi} \eta_{АДi} \eta_{ППi} \eta_{ВНi}}, \quad (2.9)$$

де $\eta_{ПЧi}$, $\eta_{АДi}$, $\eta_{ППi}$, $\eta_{ВНi}$ – ККД.

Після підставлення (2.2) у (2.8):

$$E_i = 1 - \frac{H_{АЛГi}}{H_{ППi}} \frac{\eta'_{ПЧi} \eta'_{АДi} \eta'_{ППi} \eta'_{ВНi}}{\eta_{ПЧi} \eta_{АДi} \eta_{ППi} \eta_{ВНi}}, \quad (2.10)$$

Втрати енергії в двигуні та насосі створюють найбільший вплив на ККД установки. Втрати потужності в електричних машинах поділяються на сталі та змінні:

$$\Delta P = P_{const} + P_{var}, \quad (2.11)$$

Сталі втрати не залежать від навантаження двигуна:

$$P_{const} = P_{СТ} + P_{МЕХ} + P_{ЗБ}, \quad (2.12)$$

де $P_{СТ}$ – магнітні втрати; $P_{МЕХ}$ – механічні втрати;

$P_{ЗБ}$ – втрати від струму намагнічування.

Втрати в магнітопроводі залежать від амплітуди і частоти зміни потоку:

$$P_{СТ} = P_{СТ.Н} \left(\frac{f}{f_H} \right)^\beta \left(\frac{\Phi}{\Phi_H} \right)^2, \quad (2.13)$$

де $P_{СТ.Н}$ – магнітні втрати при номінальній швидкості; β – показник, що залежить від марки сталі.

Механічні втрати визначаються кутовою швидкістю двигуна :

$$P_{MEX} = P_{MEX.H} \left(\frac{\omega}{\omega_H} \right)^n, \quad (2.14)$$

де $n = 1 \div 2$.

Втрати від струму намагнічування I_μ :

$$P_{3B} = 3I_\mu^2 R_1, \quad (2.15)$$

Змінні втрати залежать від величини струму в обмотках статора і ротора :

$$P_{var} = 3I_1^2 R_1 + 3(I_2')^2 R_2' = 3(I_2')^2 \left(R_2' + \frac{R_1}{\zeta^2} \right), \quad (2.16)$$

де I_2' – струм ротора, приведений до параметрів статора; $\zeta = I_2'/I_1$.

Звідси:

$$P_{var} = 3(I_{2H}')^2 \left(R_2' + \frac{R_1}{\zeta^2} \right) \left(\frac{I_2'}{I_{2H}'} \right)^2 = P_{varH} \left(\frac{I_2'}{I_{2H}'} \right)^2, \quad (2.17)$$

де P_{varH} – номінальні змінні втрати.

Повні втрати в електромеханічному перетворювачі :

$$\Delta P = P_{varH} \left(\vartheta + \left(\frac{I_1}{I_{1H}} \right)^2 \right), \quad (2.18)$$

де $\vartheta = P_{const}/P_{varH}$ – коефіцієнт втрат ($\vartheta = 0,5 \div 2$).

Також повні втрати в статичному режимі можна визначити за формулою:

$$\Delta P = P_{CT.H} \left(a \frac{U^2}{U_H^2} \frac{f_H}{f} + b \frac{U^2}{U_H^2} \right) + P_{M.H} \left(\frac{M_C}{M_H} \right)^2 \left(\frac{U_H}{U} \right)^2 \left(\frac{f}{f_H} \right)^2 + P_{MEX.H} \frac{1-s}{1-s_H} \frac{f}{f_H}, \quad (2.19)$$

Втрати енергії за час роботи двигуна із сталим навантаженням за деякий проміжок часу T :

$$\Delta W = \Delta P T, \quad (2.20)$$

В умовах змінного навантаження втрати енергії:

$$\Delta W_{AD} = \int_0^T \Delta P(t) dt = \sum_1^F \Delta P_i t_i, \quad (2.21)$$

де F – кількість значень навантаження на окремих ділянках.

Коефіцієнт корисної дії електромеханічного перетворювача:

$$\eta_{AD} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{I_1/I_{1H}}{(I_1/I_{1H}) + (P_{varH}/P_1)(\vartheta + (I_1/I_{1H}))}, \quad (2.22)$$

де P_1 – потужність на вході перетворювача; P_2 – потужність на валу двигуна.

У номінальному режимі ($I_1/I_{1H} = 1$):

$$\eta_{AD} = \frac{1}{1 + (P_{varH}/P_1)(\vartheta + 1)}, \quad (2.23)$$

ККД двигуна за проміжок часу в умовах змінного навантаження ККД:

$$\eta_{AD} = \frac{W_{2AD}}{W_{1AD}} = \frac{W_{2AD}}{W_{2AD} + \Delta W_{AD}} = \frac{\int_0^T P_2(t) dt}{\int_0^T P_2(t) dt + \int_0^T \Delta P(t) dt}, \quad (2.24)$$

де W_{1AD} – енергія, що спожита двигуном; W_{2AD} – енергія на валу двигуна.

У перехідних режимах втрати енергії суттєво зростають за той же час у порівнянні з усталеним режимом при застосуванні нерегульованого електропривода. Втрати енергії за час перехідного процесу:

$$\Delta W_{AD} = \int_0^{t_m} \Delta P(t) dt = \int_0^{t_m} (P_{const}(t) + P_{var}(t)) dt = \Delta W_{const} + \Delta W_{var}, \quad (2.25)$$

де ΔW_{const} , ΔW_{var} – втрати енергії, що обумовлені відповідно сталими та змінними втратами потужності.

Звичайно приймають, що сталі втрати не змінюються за час перехідного процесу:

$$\Delta W_{const} = \int_0^{t_m} P_{const}(t) dt = P_{const} t_m. \quad (2.26)$$

Втрати енергії в колі ротора за час перехідного процесу:

$$\Delta W_2 = \int_0^{t_m} (M\omega_0 - M\omega) dt = \int_0^{t_m} M\omega_0 s dt. \quad (2.27)$$

Для перехідного процесу вхолосту:

$$M = J \frac{d\omega}{dt} = -J\omega_0 \frac{ds}{dt} . \quad (2.28)$$

Після підстановки (2.25) в (2.26) та зміни меж інтегрування:

$$\Delta W_{20} = \int_{s_{поч}}^{s_{кін}} -J\omega_0^2 s ds = J\omega_0^2 \int_{s_{поч}}^{s_{кін}} s dt . \quad (2.29)$$

У результаті інтегрування отримаємо:

$$\Delta W_{20} = \frac{J\omega_0^2}{2} (s_{поч}^2 - s_{кін}^2) . \quad (2.30)$$

Втрати потужності в міді статора:

$$P_{var1} = P_{var2} \frac{R_1}{R_2} . \quad (2.31)$$

Відповідно втрати енергії в статорі і роторі асинхронного двигуна:

$$\Delta W_{AD} = \Delta W_1 + \Delta W_2 = J \frac{\omega_0^2}{2} (s_{поч}^2 - s_{кін}^2) \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) . \quad (2.32)$$

Втрати в роторі не залежать від його опору, втрати в статорі зворотно-пропорційні опору ротора.

Втрати енергії при роботі двигуна під навантаженням:

$$\Delta W_{AD} = \int_0^{t_{mn}} M_c (\omega_0 - \omega) dt + J \frac{\omega_0^2}{2} (s_{noch}^2 - s_{кин}^2). \quad (2.33)$$

Для визначення втрат необхідно знати аналітичний вираз зміни швидкості в часі. Якщо прийняти, що момент опору є сталою величиною:

$$\Delta W_{AD} = J \frac{\omega_0^2}{2} (s_{noch}^2 - s_{кин}^2) + M_c \omega_0 t_{mn} - M_c \int_0^{t_{mn}} \omega dt. \quad (2.34)$$

2.2 Розрахунок підвищення ефективності від застосування перетворювача частоти

Застосування перетворювача частоти підвищує ефективність електро-механічної системи в цілому. При оптимальному налаштуванні регулятора втрати в перехідних режимах не суттєво впливатимуть на рівень енергозбереження в системі стабілізації напору. У випадку інтерактивної системи перехід на іншу частоту обертання не призведе до значного зростання витрат електроенергії враховуючи, що сигнал завдання швидкості поступає на вхід перетворювача частоти через аперіодичний фільтр зі сталою часу T_ϕ .

Втрати в насосі складають вагомую долю втрат насосного агрегату. ККД відцентрового насоса:

$$\eta_{BH} = \frac{W_{2BH}}{W_{1BH}} = \frac{W_{2BH}}{W_{2BH} + \Delta W_{BH}}, \quad (2.35)$$

де W_{1BH} – енергія, що спожита насосом; W_{2BH} – енергія на виході насоса.

ККД насоса з врахуванням швидкості робочого колеса:

$$\eta_{BH} = 1 - \frac{1 - \eta_{НОМ}}{(\omega/\omega_{НОМ})^{0,36}} \quad (2.36)$$

ККД насоса при регулюванні продуктивності :

$$\eta_{BH} = \eta_{НОМ} \frac{(H_{CT} + (Q/Q_{НОМ})^2)(Q/Q_{НОМ})}{((Q/Q_{НОМ})^2 + (H_C/H_0))^{3/2}} \quad (2.37)$$

Рівняння напірної характеристики насоса відносно H :

$$Q = \sqrt{\frac{H_0 - H}{a_\phi}} \quad (2.38)$$

Рівняння характеристики мережі відносно H :

$$Q = \sqrt{\frac{H - H_{cm}}{a}} \quad (2.39)$$

Звідси:

$$H = \frac{aH_0 + a_\phi H_{cm}}{a + a_\phi} \quad (2.40)$$

Із врахуванням (2.10) економія на i -тих проміжках часу становитиме:

$$E_i = 1 - \frac{(a_{АЛГi} H_{0АЛГi} + a_{\phi} H_{cm}) / (a_{АЛГi} + a_{\phi}) \eta'_{ПЧi} \eta'_{АДi} \eta'_{ППi} \eta'_{ВНi}}{(a_{ППi} H_{0ППi} + a_{\phi} H_{cm}) / (a_{ППi} + a_{\phi}) \eta_{ПЧi} \eta_{АДi} \eta_{ППi} \eta_{ВНi}}, \quad (2.41)$$

Відносна економія електроенергії:

$$E = 1 - \frac{\sum_1^S \left(\frac{a_{АЛГi} H_{0АЛГi} + a_{\phi} H_{cm}}{a_{АЛГi} + a_{\phi}} \eta_{ПЧi} \eta_{АДi} \eta_{ППi} \eta_{ВНi} \right)}{\sum_1^S \left(\frac{a_{ППi} H_{0ППi} + a_{\phi} H_{cm}}{a_{ППi} + a_{\phi}} \eta'_{ПЧi} \eta'_{АДi} \eta'_{ППi} \eta'_{ВНi} \right)}. \quad (2.41)$$

Якщо прийняти ККД частотного перетворювача, ККД електродвигуна, ККД передачі між двигуном та насосом, ККД насоса на відповідних проміжках часу однаковими при використанні інтерактивного алгоритму та регулятора, то формула (2.40) спрощується до вигляду:

$$E = 1 - \frac{\sum_1^S \left[(a_{АЛГi} H_{0АЛГi} + a_{\phi} H_{cm}) / (a_{АЛГi} + a_{\phi}) \right]}{\sum_1^S \left[(a_{ППi} H_{0ППi} + a_{\phi} H_{cm}) / (a_{ППi} + a_{\phi}) \right]}. \quad (2.42)$$

В існуючих системах водопостачання реальна економія, отримана в результаті впровадження енергоефективних заходів, визначається зважаючи на обсяг спожитої електричної енергії, витраченої на транспортування рідини до споживачів за конкретний проміжок часу (наприклад, тиждень, місяць, рік).

Для визначення об'єму рідини, у насосних установках, разом із диференційними манометрами, широкого розповсюдження набули звужуючі пристрої. При вимірюваннях великого діапазону (1:3 і більше) на одному водогоні рекомендується встановлювати не менше двох диференційних манометрів.

метри з різним градуванням: один для великих витрат, інший - для малих витрат насосної установки.

Якщо потрібно провести з більш високою точністю і без звужуючих пристроїв застосовують індукційні або ультразвукові витратоміри. Витратоміри встановлюють безпосередньо на прямих ділянках водогону. Невід'ємною частиною витратомірів повинні бути лічильні інтегруючі приставки.

$$W_{num} = \frac{W_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}}, \quad (2.43)$$

де Q_{Σ} – сумарна подача води за час T .

Тоді фактична економія електроенергії:

$$W_{ек} = (W'_{num} - W_{num}) Q_{\Sigma}, \quad (2.44)$$

де W'_{num} – питомі витрати електроенергії до впровадження енергозберігаючих заходів.

2.3 Висновки до розділу 2

1. Проведені математичні розрахунки показують, що застосування перетворювача частоти підвищує ефективність електромеханічної системи в цілому. А при оптимальному налаштуванні втрати в перехідних режимах не суттєво впливатимуть на рівень енергоспоживання.

2. Зміна швидкості насосу в основному визначається поведінкою споживачів, що впливає на можливості системи з енергозбереження.

3. Реалізація системи автоматичного керування насосними агрегатами вимагає врахування взаємовпливу насосів та їх двигунів за різних умов роботи системи.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Оцінка ефективності роботи КП Нововолинськводоканал

На рис. 3.1 Показана схема системи водопостачання м. Нововолинська.

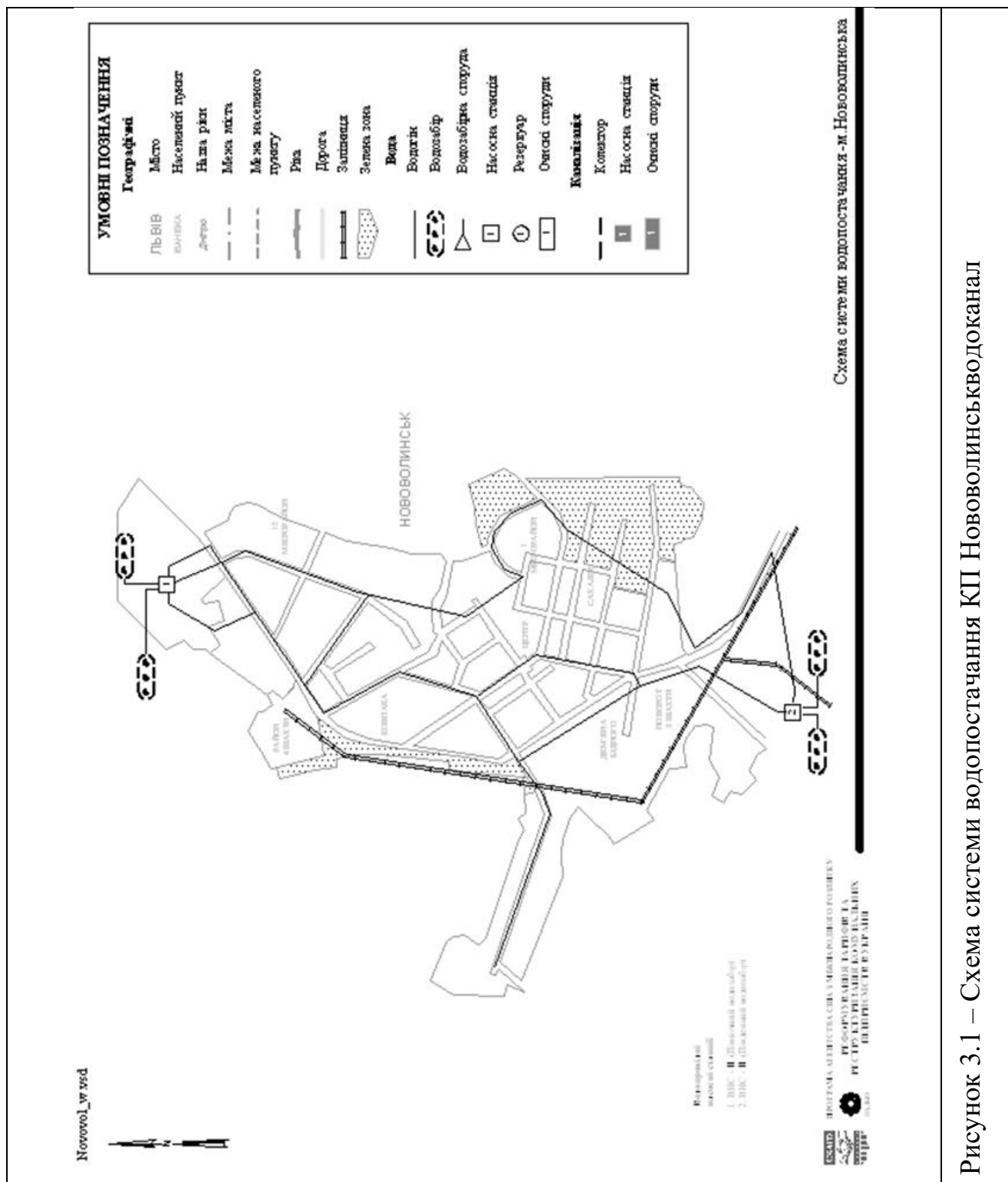


Рисунок 3.1 – Схема системи водопостачання КП Нововолинськводоканал

Таблиця 3.1 – Характеристика діяльності КП Нововолинськводоканал

Показники	тис.м ³ /рік		
	2020	2021	2022
Загальна кількість води	5 044	4 756,8	4 669,4
в т.ч.: - піднято	5 044	4 756,8	4 669,4
- купівля	0	0	0
Подано в мережу	4 972	4 675,3	4 588,8
Загальна кількість реалізованої води	4 479	4 156,3	4 034,8
Втрати:	565	600,5	635,2
в т. ч.: - власні потреби	72	81,5	79,6
- витоки та необлікована вода	493	519	555,6
- витоки %	10	11	12,1
*Примітка: Дані базуються на виставлених водоканалом рахунках			

Оцінка водоканалу залежить від думки споживача про надані послуги, їхнє ставлення та розуміння проблем. Системи водопостачання та водовідведення, збудовані у 50-ті роки відзначаються великим енергоспоживанням. Протягом останніх трьох років електроенергія витрачалася на водопостачання та водовідведення великими обсягами, і це становило велику частку виробничої собівартості. Головна причина - низький ККД насосів та невідповідність їх обладнання гідравлічним параметрам мережі.

Насосні станції мають надмірну потужність, що перевищує поточні потреби, але їх стан незадовільний через вичерпаність ресурсу насосних агрегатів та невідповідність гідравлічним потребам системи. Відсутність приладів обліку води на об'єктах ускладнює визначення фактичних втрат. Зношені труби водопроводу та відсутність ізоляції призводять до високої аварійності, втрат води та вторинного забруднення.

Схожі проблеми існують із системою водовідведення. Каналізаційні мережі зношені, аварійні та часто спричиняють затори, що негативно впливає

на екологію, така висока аварійність вказує на потенційну небезпеку і вимагає негайних заходів.

Аналіз водоспоживання показав, що там, де встановлені індивідуальні лічильники споживання води значно менше порівняно нормованим водоспоживанням. Це викликає необхідність ретельного вивчення причин цього розриву. Загалом, найбільш серйозні проблеми включають значні втрати та недооблік води, високу аварійність водогонів, високе споживання електроенергії та погіршення якості води у водопровідній мережі водопостачання а також високу аварійність та енергоспоживання в системі водовідведення.

3.2 Каскадне керування насосами з допомогою перетворювачів частоти

Сучасні насосні станції широко використовують каскадне керування насосами запускаючи електродвигуни з одного перетворювача частоти рис.3.2.

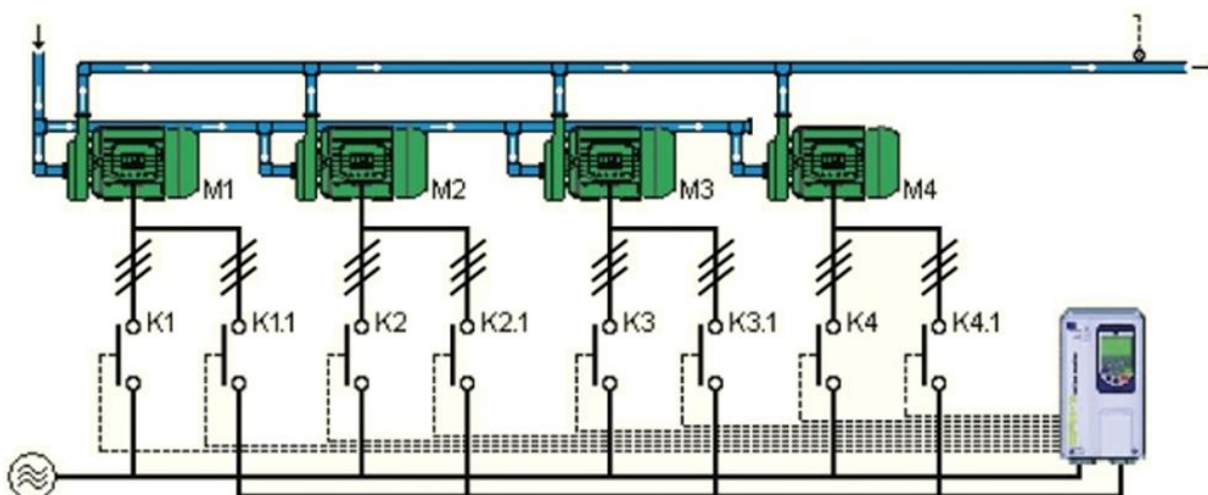


Рисунок 3.2 – Схема стабілізації тиску насосної станції з допомогою одного частотного перетворювача

В такій схемі керування тиск в системі стабілізується з допомогою регулювання швидкості обертання електродвигуна одного з насосів. Коли насос досягає

максимальних обертів, а тиск продовжує падати, електродвигун насоса відключається від перетворювача частоти і підключається безпосередньо до мережі. При цьому перетворювач перемикається на наступний насос і регулює швидкість для стабілізації тиску у вихідній магістралі. Ця процедура повторюється для всіх насосів станції. За потреби стабілізація тиску може відбуватися регулюванням швидкості будь-якого насоса у будь-який момент часу.

Особливість схеми зображеної на рис. 3.2 полягає в тому, що при додатковому застосуванні комутуючого пристрою між перетворювачем і двигуном загальна надійність електроприводу може знизитися. Це через те, що при зниженні напруги живлення нижче певного рівня відбувається відключення силових контакторів, що може призвести до розриву живлення асинхронного електродвигуна. У випадку тривалого відсутності напруги в мережі перетворювач виявляє зниження напруги і відключає ключі інвертора, що призводить до зупинки електродвигуна насоса. Після відновлення електроживлення контактор знову замикає коло між перетворювачем частоти та двигуном, і система повертається до робочого режиму.

З метою економії електричної енергії та стабільної роботи системи водопостачання для підприємств комунального водопостачання найоптималь-

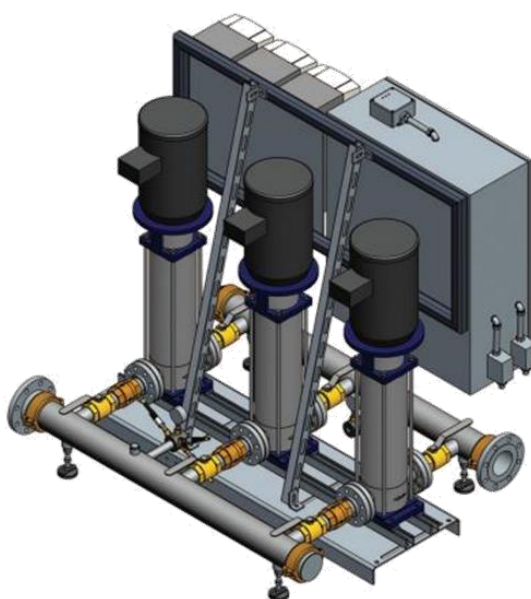


Рисунок 3.3 – Схема багатоступінчатої насосної станції

нішим вибором є система яка могла б паралельно регулювати підвищення тиску води в трубопроводі та швидкість обертання багато-ступінчастих насосів при будь-яких втратах тиску рис.3.3.

Каскадне керування насосами призначене для точного регулювання витрат води або підтримання заданого тиску на насосній станції. Це найбільш просто реалізувати з допомогою частотного перетворювача.

На рис.3.4 показана схема керування одним насосом P0 за допомогою інвертора та підключення чи відключення інших додаткових п'яти насосів, підключених до мережі (параметр [A200] =1), рис.3.4.

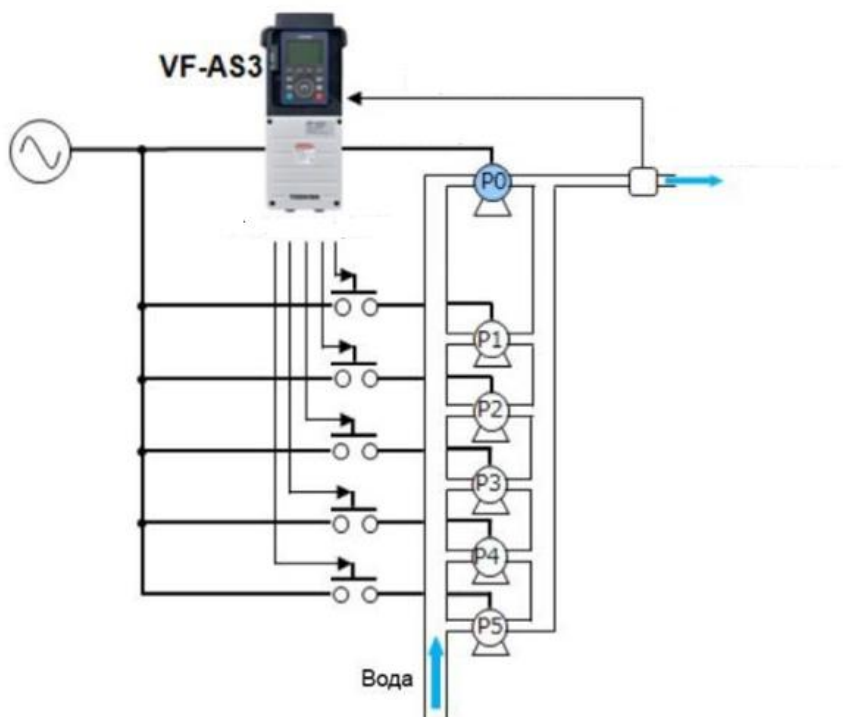


Рисунок 3.4 – Каскадне керування насосами з допомогою перетворювача частоти Toshiba AS3

3.3 Розробка раціональної системи керування насосним обладнанням

Одним з основних завдань даної роботи є розробка раціональної системи керування процесів насосним обладнанням КП Нововолинськводоканал з метою підвищення ефективності своєї роботи.

Як ми вже згадували раніше для керування електричними насосними станціями застосовуються два основних способи керування частотне та каскадне. Тому з врахуванням опрацьованих літературних джерел та на підставі аналізу ефективності роботи КП Нововолинськводоканал ми вважаємо, що оптимальним технічним рішенням, для підвищення ефективності його роботи є впровадження системи керування насосним обладнанням з одночасним застосуванням каскад-ного та частотного регулювання.

Використання каскадно - частотного регулювання, у якому перетворювач частоти керує лише одним насосом, а запуск і зупинка інших здійснює за необхідності, така система керування має просту та надійну схему, а також мінімальну кількість обладнання, рис. 3.5.

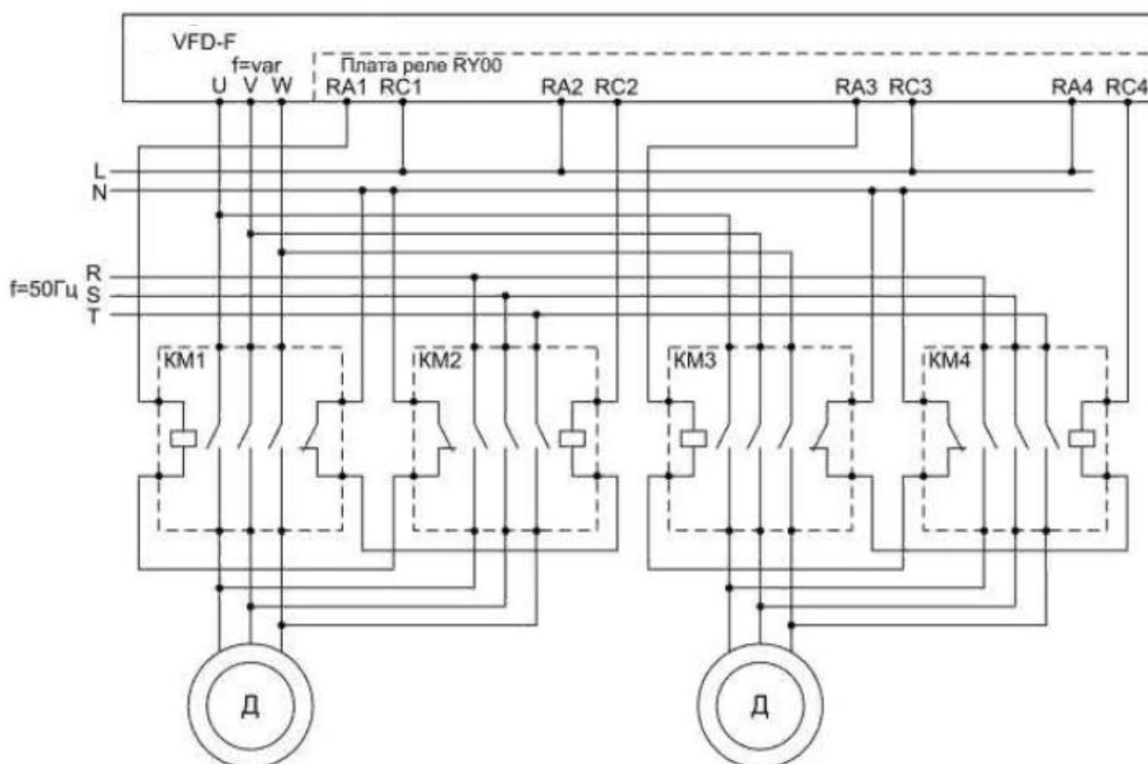


Рисунок 3.5 – Частотно-каскадна схема керування насосним обладнанням

VDF-F – перетворювач частоти; RY00 – плата релейних виходів; Д – трифазний асинхронний електродвигун насосів; KM1-KM4 - контактори.

Каскадно - частотного керуванню притаманні деякі недоліки:

- 1) Поява гідроударів при пусках та зупинках додаткових насосів;
- 2) Поява в електромережі кидків напруги, пов'язаних з перехідними процесами при пуску насосів;
- 3) Неможливість підтримання точного тиску в системі, флуктуації тиску під час вкл./викл. насосів.

Звісно, вплив описаних недоліків можна знизити. Щоб уникнути гідроударів і кидків напруги, можна застосовувати пристрої плавного пуску, проте це економічно недоцільно. Якість регулювання тиску також можна покращити за рахунок ускладнення алгоритму керування. Однак ці заходи пов'язані з додатковими фінансовими витратами, що нівелюють привабливість самої ідеї.

3.3.1 Вибір перетворювача частоти

Сьогодні більшість перетворювачів частоти з автономним інвертором напруги (АІН) використовуються для роботи в режимі широтної імпульсної модуляції (ШИМ), оскільки вони здатні забезпечити широкі та над широкі діапазони регулювання швидкості двигуна та граничні динамічні показники. Виберемо схему АІН з ШИМ як оптимальну.

Можливість каскадно-частотного керування насосами реалізується за схемою один основний а інші – резервні.

Нашим умовам відповідає перетворювач частоти фірми Delta Electronics моделі VFD4000CP43C-21, рис.3.6.

Технічна характеристика перетворювача Delta VFD4000CP43C-21 представлена у таблиці 3.2.



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд частотного перетворювача Delta VFD4000CP43C-21

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика перетворювача Delta VFD4000-CP43C-21

Технічна характеристика	Значення
Серія	VFD-CP
Потужність, кВт	400
Напруга живлення,	380
Фазність	3
Частота мережі, Гц	50/60
Вихідна частота, Гц	400
Вихідний безперервний струм, А	770
Струм протягом 1 хвилини, А	900
Перевантаження, % протягом 1 хвилини:	110 (LD) / 120 (ND)
Ступінь захисту	IP20
Час розгону, з	0.01-600
Час гальмування, з	0.01-6000

Продовження таблиці 3.2.

Технічна характеристика	Значення
Аналоговий вхід, кількість	4
Дискретний вхід	11
Аналоговий вихід,	3
Дискретний вихід,	Імпульсний - 1
Релейний вихід,	7
Пусковий момент	150% або вище
Регулятор	ПЦД
Робоча температура, °С	- 10...+50

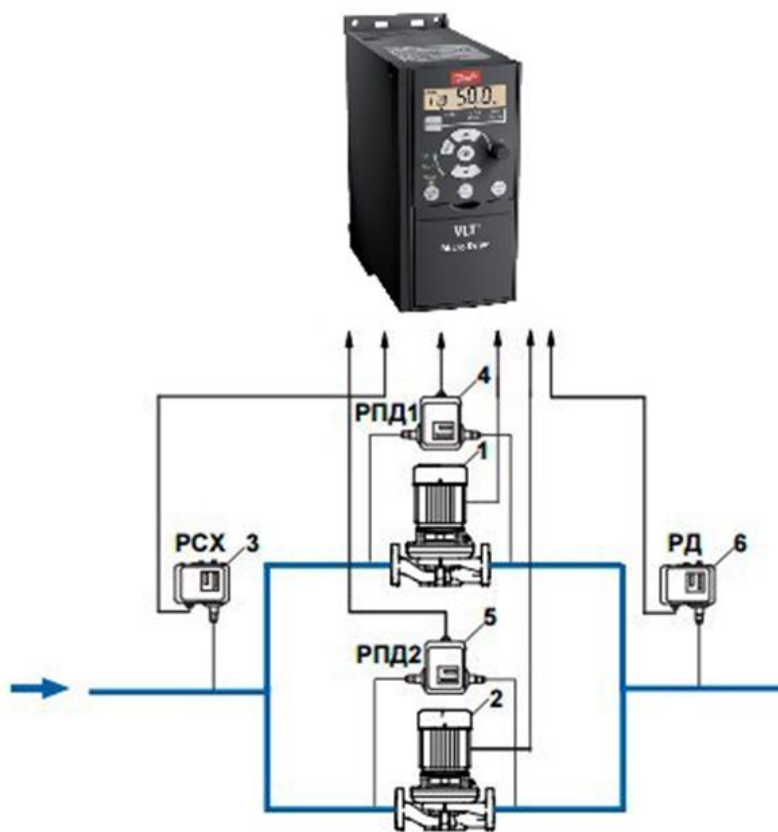


Рисунок 3.7 – Схема підключення насосів до перетворювача Delta VFD4000CP43C-21

1 – головний насос, 2 – резервний насос, 3 – реле захисту від сухого ходу, 4 – реле перепаду тиску головного насосу, 5 – реле перепаду тиску резервного насосу.

3.3.2 Вибір та характеристика основного силового обладнання

Частотний перетворювач Delta VFD4000-CP43C-21 забезпечує плавний розгін, гальмування та керування частотою обертання двигуна для підтримки необхідного тиску в системі.

В свою чергу частотний перетворювач укомплектовано такими елементами силового обладнання:

- струмообмежуючий реактор – призначений для обмеження зростання величини струму короткого замикання, зменшення взаємного впливу працюючих від загальної мережі перетворювачів та зменшення швидкості наростання струму в тиристорах при комутації.

- випрямляч, що служить для перетворення вхідного змінного електричного струму у постійний вихідний електричний струм.

- гальмівний резистор – який монтується в ланку постійного струму модуля гальмування і перетворює надмірну електричну енергію в момент гальмування на теплову.

Нами передбачено застосування гальмівного резистора BR1K5W012 для кожного модуля, з гальмівним моментом 51 кг і струмом гальмування 450 А.

Модуль гальмування є паралельно і регулятором напруги, принцип дії якого досить простий. Якщо напруга на конденсаторі перевищує певний рівень, відкривається IGBT транзистор модуля гальмування і конденсатор розряджається через цей транзистор і опір RT. При цьому електрична енергія перетворюється в тепло. Транзистор модуля гальмування працює в режимі широтноімпульсної модуляції, час відкритого стану транзистора визначається рівнем напруги на конденсаторі. Зовнішні гальмівні резистори потрібні для гальмування механізмів із високим моментом інерції або для генераторних режимів роботи.

- мережевий дросель – його робота узгоджується з розрахунковим струмом перетворювача частоти. Основне призначення мережевих дроселів полягає у

зменшенні кидків струму. Крім того, мережеві дроселі покращують захист перетворювача від перенапруг.

Для побудови кінцевих схем керування насосним обладнанням з використанням перетворювачів застосовується модульний принцип, що дозволяє в залежності від характеристики обладнання і вимог замовника отримати різні потрібні конфігурації схеми керування.

Принцип побудови схем системи керування з використання перетворювача частоти наведено на рис. 3.8.

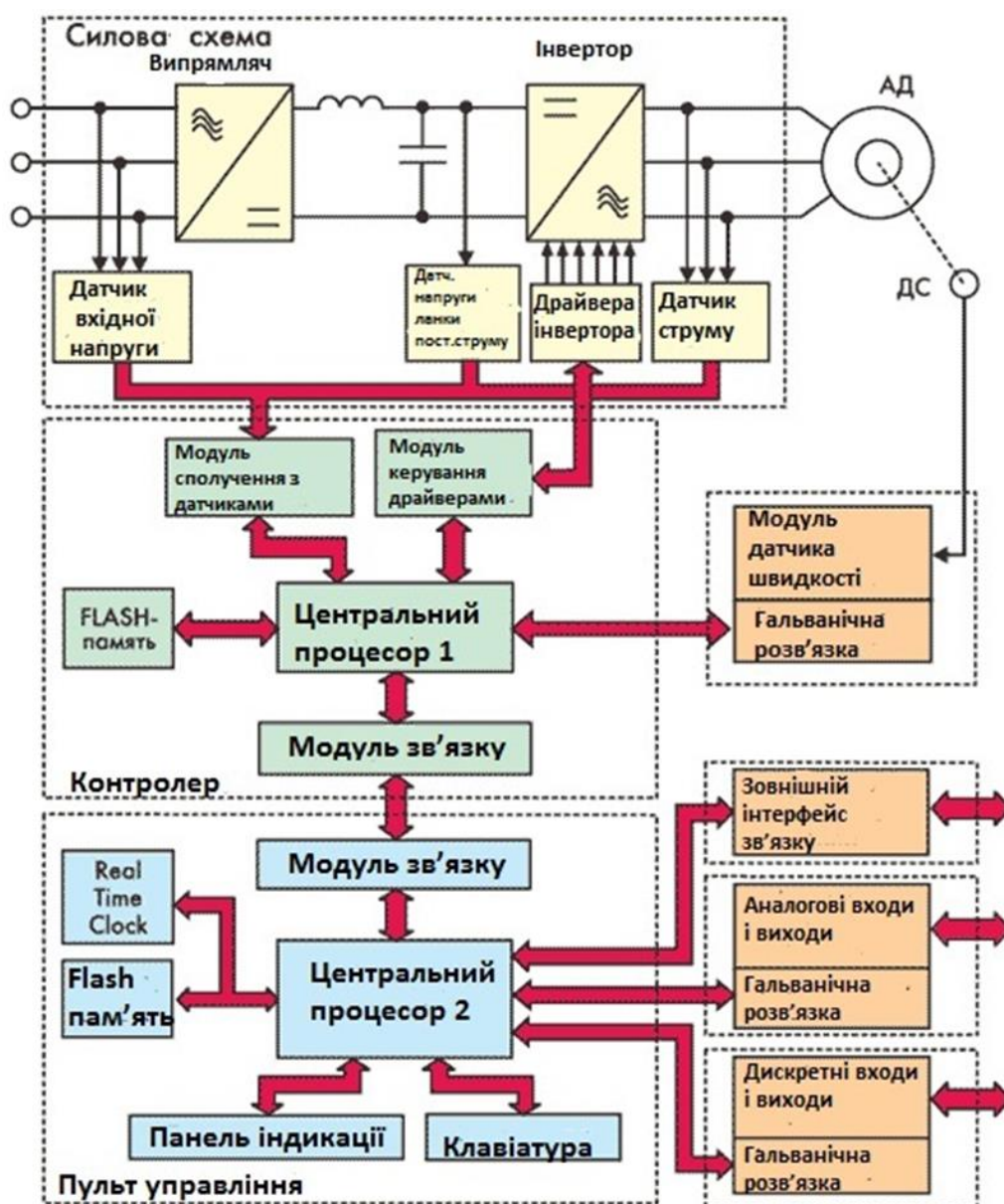


Рисунок 3.8 – Схема системи керування з використання перетворювача частоти

3.3.3 Вибір контакторів

Підключення або відключення насоса до перетворювача частоти, а також безпосередньо до електричної мережі здійснюється за допомогою контакторів.

Контактори використовуються для керування трифазними електродвигунами та силових кіл до 400 В.

Трифазні контактори мають конструкцію з трьома основними полюсами:

- котушка керування АС/DC з електронним керуванням, з достатньо широким діапазоном застосування;
- точне спрацювання;
- функція витримки зникнення напруги та надійна робота при просіданні напруги керування;
- вбудований обмежувач перенапруги.

Контактори AF750 оснащені входами низької напруги для керування за допомогою перетворювачів частоти.

3.3.4 Вибір плавких запобіжників

Для захисту внутрішніх кіл перетворювача, на кожен фазу, між джерелом напруги і перетворювачем повинні бути встановлені запобіжники, що використовуються для захисту напівпровідникових діодів. Струм запобіжника повинен бути 1,6-2,6 кратним до вхідного струму перетворювача частоти.

3.3.5 Вибір датчиків тиску

Як реле тиску, для поточного контролю тиску в системі, аварійної сигналізації може застосовуватись перетворювач частоти. Якщо тиск у системі буде падати то перетворювач частоти надішле дискретний сигнал на замикання контактів контактора, тим самим підключиться додатковий насос.

В разі, коли тиск у системі буде вище заданого, частота головного насоса буде знижується, а перетворювач частоти надішле сигнал на розмикання контактів контактора і цим відключить резервний насос.

Від точності показань датчиків тиску залежить підтримка виробничого процесу в заданому діапазоні, а також не менш важлива його безпека. Крім вимірювання абсолютного або надлишкового тиску, датчики тиску визначають диференціальне рівняння, вимірюють рівень та витрату рідини.

Як датчик зворотного зв'язку по тиску використовуються датчики Danfoss MBS 1900, рис.3.9.

Датчики тиску серії MBS 1900 побудовані на базі п'єзорезистивної технології перетворення. Ця технологія вважається найбільш надійним рішенням для вимірювання тиску, особливо в таких системах, де спостерігається висока амплітуда та частота пульсацій тиску.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд датчика тиску Danfoss MBS 1900

Дія датчика тиску MBS 1900 заснована на врівноважуванні вимірюваного тиску силою пружної деформації п'єзорезистивного первинного перетворювача. Під впливом вимірюваного тиску вимірювальна мембрана деформується та змінює електричний опір в одному з кіл вимірювального моста.

3.4 Розробка функціональної схеми системи автоматичного керування насосним обладнанням

Необхідно розробити схему, при якій буде здійснюватися частотне керування насосами та підтримуватися оптимальний тиск за рахунок датчиків тиску зворотного зв'язку. Ця система має бути економічно вигідною і забезпечувати зниження витрат на енергоспоживання, але водночас бути простою в реалізації.

Застосовуємо скалярне керування насосами, оскільки в насосних установках не потрібен контроль струмів статора електродвигуна, а також висока точність керування моментом та швидкістю двигуна, рис.3.10.

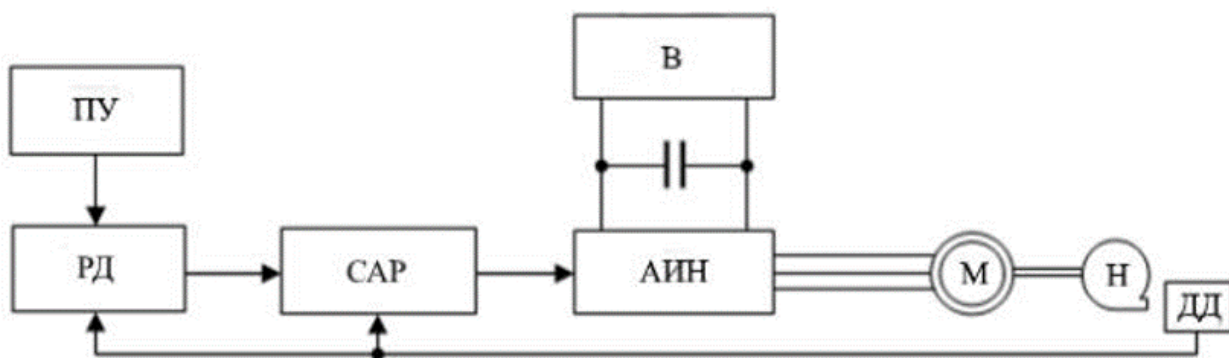


Рисунок 3.10 – Функціональна схема керування насосом

ПУ – пульт керування; РД – регулятор тиску; САР – система автоматичного регулювання; В – випрямляч; АИН – автономний інвертор напруги; М – асинхронний двигун; Н – відцентровий насос; ДД – датчик тиску.

Система автоматичного керування електроприводом насоса складається з об'єкта керування та регулятора. Об'єкт керування складається з електродвигуна, перетворювача енергії, живильного двигуна, і робочого органу, в даному випадку відцентрового насоса, з'єднаного з валом двигуна через муфту. Регулятор реалізований у комплектному, вибраному нами

перетворювачі частоти. Необхідно лише розрахувати та задати параметри та тип регулятора.

Побудуємо модель насоса за допомогою математичних блоків бібліотеки Simulink, рис.3.11.

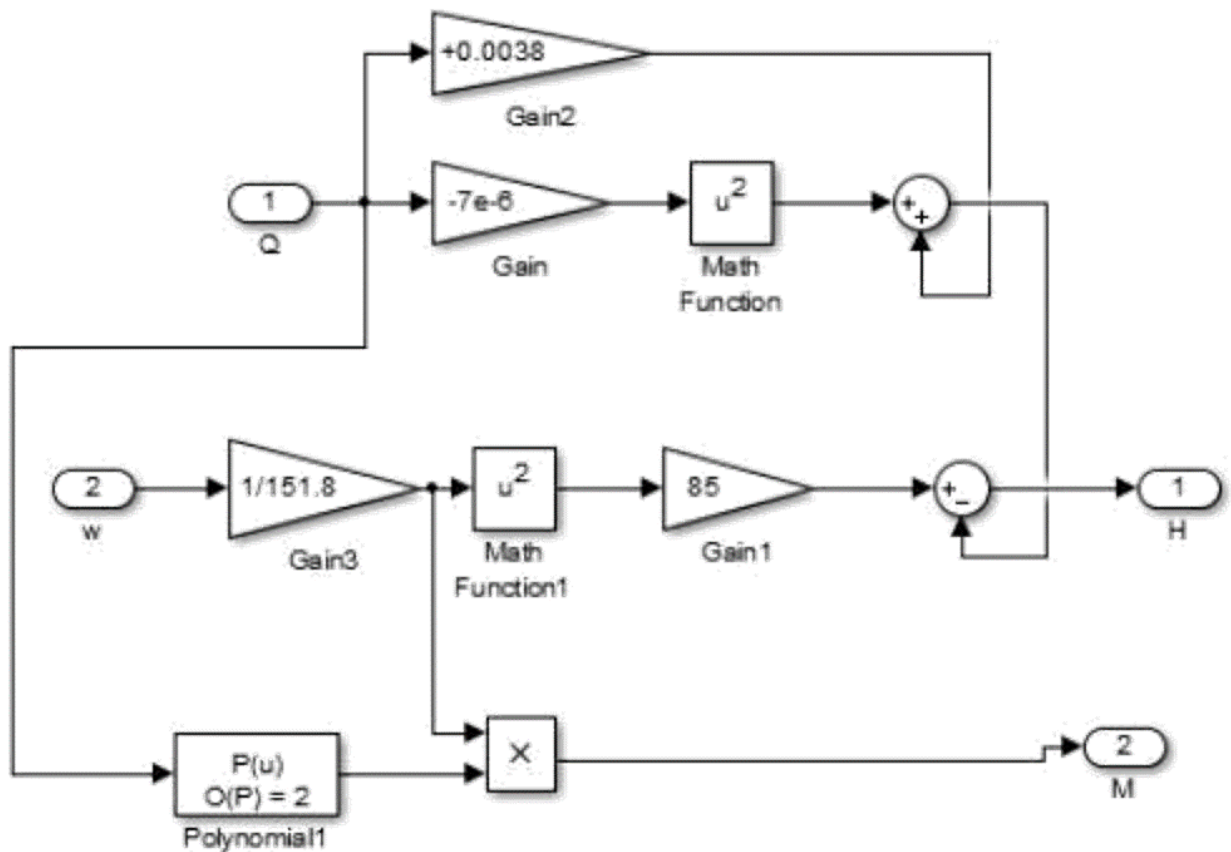


Рисунок 3.11 – Модель насоса в Simulink

Зробимо моделювання роботи насоса у двох режимах: пуск та стабілізація напору при змінній витраті. Пуск провадиться при нульовій витраті номінального натиску. В режимі стабілізації відбувається зміна витрати від нуля до номінальної величини. В результаті моделювання отримали графіки перехідних процесів швидкості, моменту, струму двигуна, регулятора напору, статичного моменту та витрати води через водопровідну мережу.

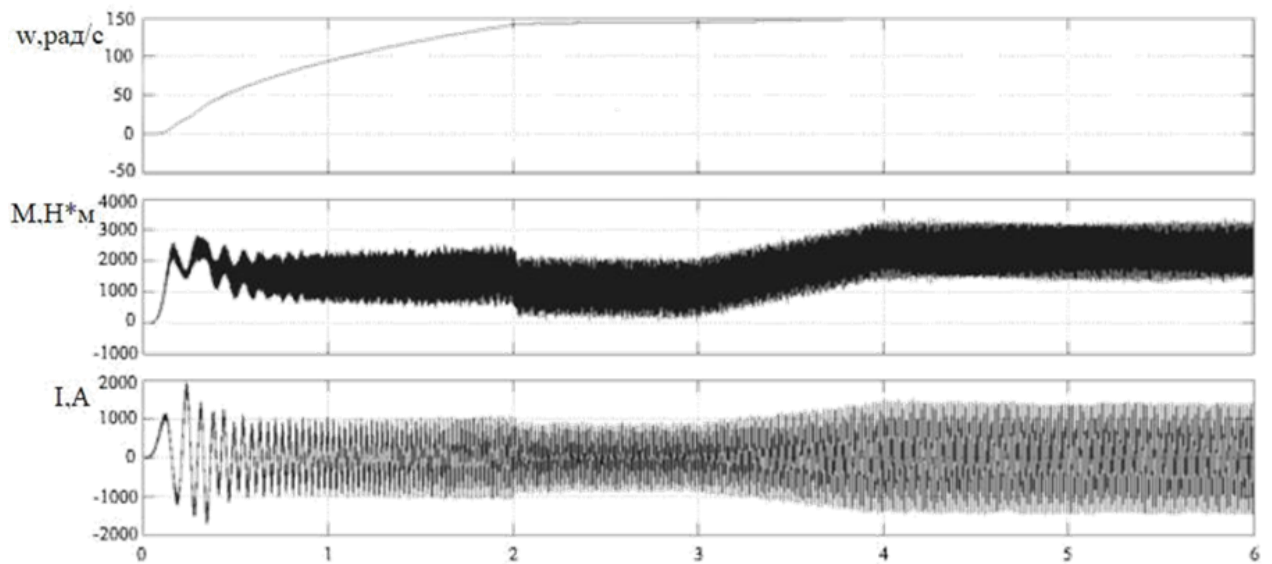


Рисунок 3.12 – Графік перехідного процесу швидкості, струму та моменту насоса

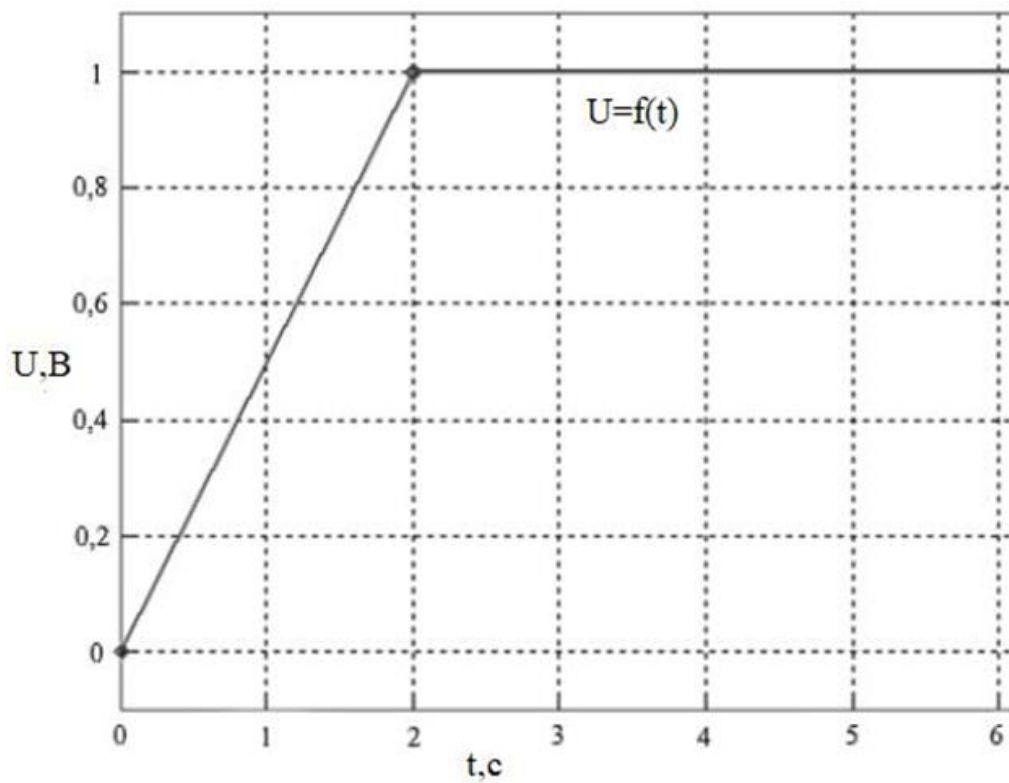


Рисунок 3.13 – Графік зміни напруги

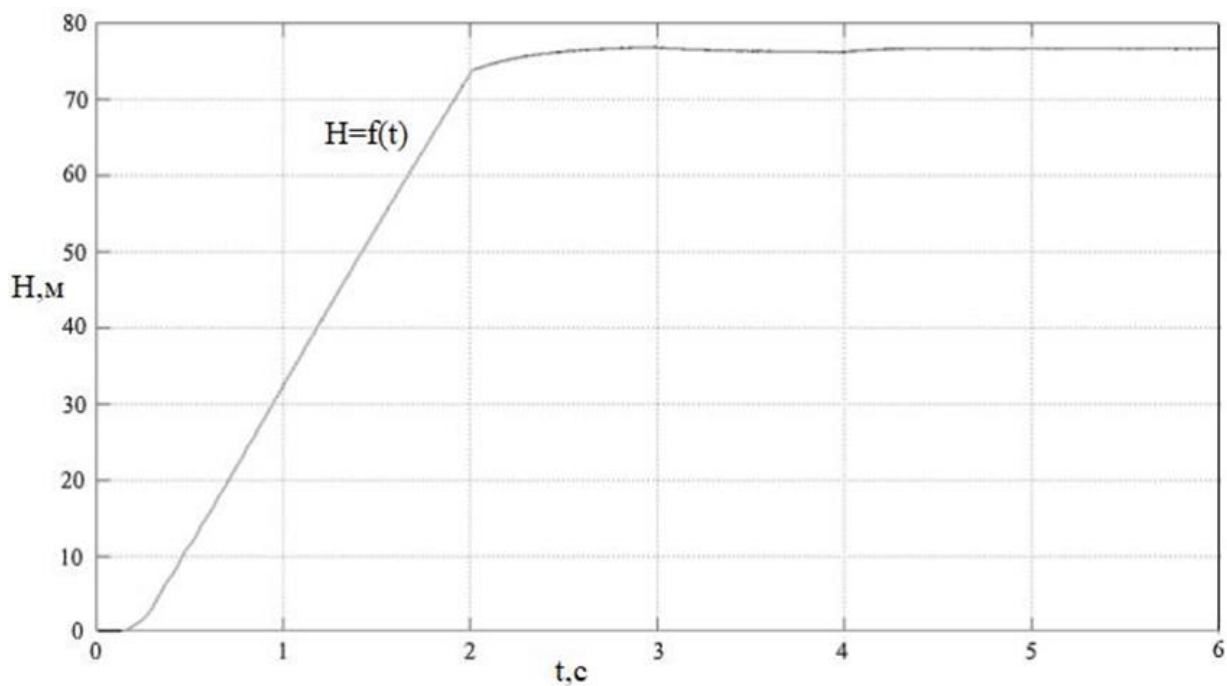


Рисунок 3.14 – Графік зміни напору

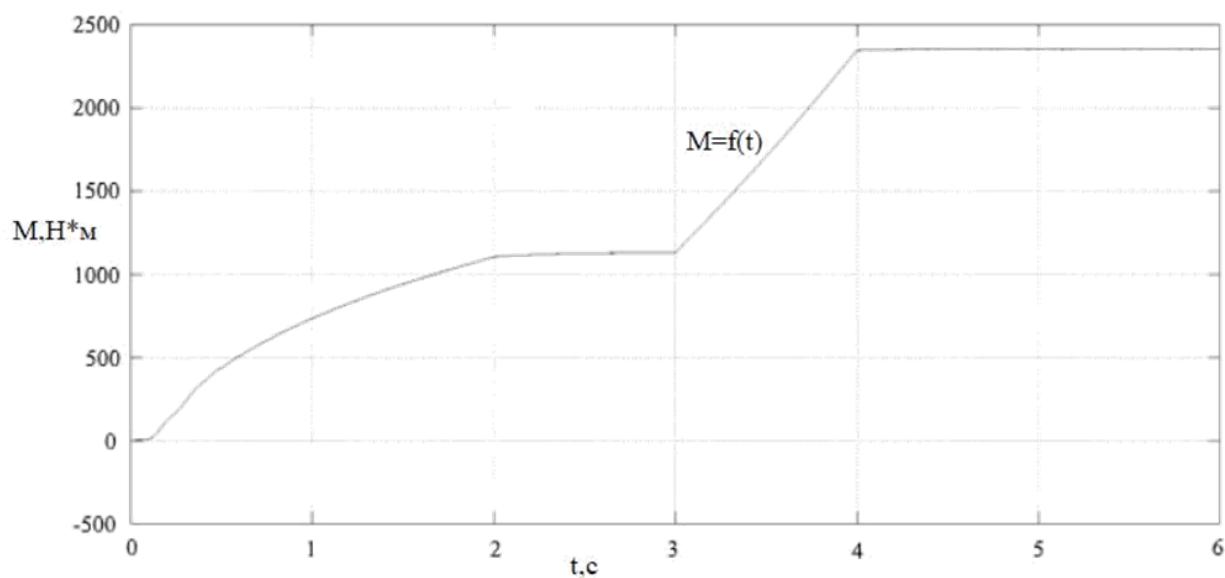


Рисунок 3.15 – Графік зміни моменту на електроприводі насосу

3.5 Висновки до розділу 3

1. На підставі графіка перехідного процесу швидкості, струму та моменту насосу можна зробити висновок, що перехідні процеси при пуску протікають

без значних коливань та відхилень регульованої величини від заданого значення. Процес пуску відбувається із приблизно постійним прискоренням.

2. Стабілізація тиску при зміні витрати відбувається без різких стрибків та коливань.

3. Виходячи з графіка напору, робимо висновок, що в початковий момент часу тиск відсутній і дорівнює нулю. Після закінчення двох секунд часу тиск досягає заданої позначки і залишиться на цьому рівні. Дві секунди витримки потрібні для запуску насосу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз роботи служби охорони праці на КП Нововолинськ-водоканал

До експлуатації систем централізованого водопостачання та водовідведення допускаються особи, котрі пройшли медичний огляд і за станом здоров'я придатні до виконання робіт в конкретних умовах виробництва, уклали трудову угоду і отримали інструктаж з охорони праці та техніки безпеки.

Обов'язки щодо створення безпечних умов праці для працівників кожного виробничого підрозділу, включаючи керівників, визначаються посадовими інструкціями та вимогами чинного законодавства.

Відключення пошкоджених ділянок водопровідних та каналізаційних мереж, ліквідація аварій на них покладається на аварійно-ремонтні бригади. Пошкоджені ділянки трубопроводів відключають від мережі, за розпорядженням диспетчера згідно з чинною інструкцією, вживаються заходи щодо зменшення втрат питної води. Після закінчення ремонтних робіт проводиться дезинфекція відновленої ділянки трубопроводу.

Лабораторно-виробничий контроль на підприємстві здійснюється хіміко-бактеріологічною лабораторією за показниками відповідно до атестату акредитації.

Хіміко-бактеріологічною лабораторією підприємства проводиться аналіз води на її відповідність вимогам ГОСТ 2874-82 «Вода питна».

Для аналізу відбираються проби води:

- 1) на виході з кожної артезіанської свердловини;
- 2) на виході з насосних станцій II-го підйому водозабірних споруд (на вході в розподільчу мережу);
- 3) з водорозбірних колонок на території міста і селища Жовтневого;
- 4) з кранів внутрішніх водопровідних мереж окремих споживачів.

Працівники підприємства проводять заміри статичних та динамічних рівнів води в артезіанських свердловинах. Облік води, видобутої із свердловин, ведеться розрахунковим методом, виходячи з часу роботи насосного обладнан-

ня і його номінальної продуктивності. Фактична продуктивність насосів періодично перевіряється з допомогою переносного ультразвукового витратоміра

Дані про добовий забір води по кожній експлуатаційній артезіанській свердловині заносяться до журналів встановленої форми (ПОД-12) по обох водозаборах.

Облік води, що подається в розподільчу мережу, здійснюється з допомогою стаціонарних ультразвукових 2-х каналних витратомірів-лічильників типу «ВЗЛЁТ-ПРЕМЬЕР», встановлених на виході з насосних станцій Північного та Південного водозаборів. Дані про добову подачу води по кожному водозаборі передаються диспетчеру підприємства.

Хіміко-бактеріологічна лабораторія контролює ступінь забруднення стічних вод, що поступають в мережі від промислових підприємств, хід технологічного процесу їх очищення, та якісні показники в місці скидання очищених стоків у водний об'єкт – прикордонну річку Західний Буг.

Основним завданням технологічного контролю є всебічна оцінка технологічної ефективності роботи каналізаційних очисних споруд для своєчасного вжиття заходів щодо забезпечення безперебійної роботи споруд з визначеною потужністю, необхідним ступенем очищення води і обробки (обезводнення шляхом природного дренажу) осаду стічних вод.

Технологічний контроль регулярно здійснюється черговим оператором каналізаційних очисних споруд разом з персоналом хіміко-бактеріологічної лабораторії. Усі дані спостережень заносяться до журналу встановленої форми (ПОД-13).

4.2 Аналіз забезпечення пожежної безпеки на КП Нововолинськ-водоканал

Забезпечення пожежної безпеки необхідно проводити у відповідності з вимогами ДБН В.1.1-7– 2017 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва» та НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Відповідальність за пожежну безпеку на ділянках будівництва, наявність

та справне утримання засобів пожежогасіння, своєчасне виконання передбачених проектом протипожежних заходів несуть (призначені наказом) керівники робіт на цих ділянках.

Відповідальність за пожежну безпеку побутових, допоміжних та підсобних приміщень несуть посадові особи, яким підпорядковані вказані приміщення. Тимчасові споруди, підсобні приміщення, а також будівельні майданчики повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, ящики з піском, багри, лопати, відра). Відстані між спорудами, машинами і місцями відкритого зберігання будівельних матеріалів, конструкцій відповідають санітарним і протипожежним нормам. Проходи та проїзди достатньої ширини для забезпечення проїзду, без нагромадження сторонніх предметів.

Місця зберігання матеріалів, які легко займаються в обов'язковому порядку мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння. Для опалення інвентарних будівель використовуються парові та водяні калорифери.

Сушіння одягу та взуття повинно проводитися у спеціально пристосованих для цієї мети приміщеннях з центральним водяним опаленням.

У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожен громадянин зобов'язаний:

- негайно повідомити про це телефоном в пожежну охорону, при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, обстановку пожежі, наявність людей, а також, повідомити своє прізвище;

- вжити (по можливості) заходів по евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;

- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо). По прибутті на пожежу пожежних підрозділів повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх на територію об'єкта.

Після прибуття пожежного підрозділу адміністрація та технічний персонал на об'єкті зобов'язані брати участь у консультуванні керівника гасіння про конструктивні та технологічні особливості об'єкта, де виникла пожежа, організувати залучення до вжиття необхідних заходів, пов'язаних із ліквідацією пожежі та попередженням її розвитку, сил та засобів об'єкта.

4.3 Запобігання аваріям на виробництвах із застосуванням хлору. Вплив хлору на людей, перша допомога, профілактика уражень

Основним способом знезаражування води на централізованих підприємствах питного водопостачання України є хлорування. КП «Нововолинськводоканал» не є винятком і досі також використовує такий метод знезаражування води. Наукові дослідження показали, що хлорування має істотні недоліки: утворює токсичні хлорорганічні сполуки, які виявляють канцерогенну і мутагенну дію, мають низьку віруліцидну і протозооцидну активність, хлоррезистентність мікрофлори. Зберігання та використання газоподібного хлору, який є сильнодіючою отруйною речовиною, – являє собою об'єкт підвищеної небезпеки для оточуючих та для навколишнього середовища у разі виникнення аварійної ситуації на хлорному обладнанні.

Тому важливо знати та дотримуватись правил охорони праці, правил надання першої медичної допомоги та профілактики уражень. КП «Нововолинськводоканал» надає соціальну допомогу працівникам в місцях підвищеного ураження у вигляді компенсаційних виплат. Оскільки потрібно також дбати про здоров'я своїх працівників. Також КП «Нововолинськводоканал» організовує безкоштовний медичний огляд для працівників.

Відповідно до закону України «Про охорону праці» затверджено наказ «Правил охорони праці при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору». Ці Правила застосовують при експлуатації таких об'єктів:

а) підприємств, цехів, відділень, ділянок з вироблення каустичної соди, хлору та водню всіма методами електролізу розчинів хлориду натрію (калію) або соляної кислоти;

б) підприємств, що пов'язані зі споживанням, зберіганням, наливом та зливом рідкого хлору з використанням усіх типів хлорної тари;

в) підприємств, що здійснюють транспортування хлору по трубопроводах, а також перевезення рідкого хлору транспортними засобами.

До перших ознак отруєння хлором відносяться: дискомфорт і подразнення слизової дихальних шляхів; підвищене слиновиділення і спазм

голосових зв'язок; кашель і утруднене дихання; відчуття різі та печіння в очах, слезотеча; нудота і гіркота у роті; головні болі і можливі судоми.

Перша допомога при отруєнні хлором: одягніть протигаз і виведіть ураженого на свіже повітря. Робити штучне дихання не можна, необхідно у важких випадках застосувати кисневу інгаляцію. Повний спокій. Для зменшення подразнення – вдихання парів нашатирного спирту, промивання очей, рота, носа 2% розчином харчової соди.

Дії в осередку зараження:

- заплющити очі та затамувати дихання;
- закутатися у верхній одяг і дихати крізь нього (можна змочити водою); не бігти; спробувати визначити напрямок вітру;
- виходити з зони зараження в бік, який перпендикулярний вітру;
- за неможливості вийти, спробувати залізти на високий предмет (стовп, драбину тощо), так як хлор стелиться по землі.

До профілактичних заходів отруєння хлором належать:

- забезпечення належних умов праці відповідно до санітарно-технічних вимог (вентиляція, провітрювання, справне обладнання);
- використання індивідуальних засобів захисту при роботі з хімікатами на виробництві;
- регулярні перевірки концентрацій хлору в повітрі робочої зони;
- проведення профілактичних медичних оглядів для виявлення схильності (доклінічних форм) і хронічних захворювань;
- дотримання вимог безпеки у використанні хлорвмісних рідин в побуті.

Отже, КП «Нововолинськводоканал» дбає про забезпечення матеріальних резервів, для запобігання наслідків виникнення НС. А також удосконалює систему очистки води хлором, для уникнення негативного впливу на людей.

4.4 Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту

Важливим питанням забезпечення стійкості роботи під час надзвичайних ситуацій є стійкість до світлового випромінювання. Внаслідок дії енергії світлового імпульсу на підприємстві може виникнути складна пожежна

обстановка, оскільки на зберіганні знаходиться значна кількість горючих речовин і обладнання.

Світлове випромінювання ядерного вибуху є електромагнітним випромінюванням в ультрафіолетовій, видимій і інфрачервоній областях спектру.

Джерелом світлового випромінювання є область що світиться (вогняна куля), що складається з розжарених продуктів вибуху і повітря. З цієї області випромінюється величезна кількість променистої енергії в надзвичайно короткий проміжок часу, унаслідок чого відбувається швидкий нагрів опромінюваних предметів, обуглювання або запалювання горючих матеріалів і опік живих тканин.

На частку світлового випромінювання припадає 30...40 % всієї енергії атомного або термоядерного вибуху. На відкритій місцевості світлове випромінювання має великий радіус дії в порівнянні з ударною хвилею.

Основним параметром, що характеризує вражаючу дію світлового випромінювання, є світловий імпульс ИСВ. Світловий імпульс – це кількість світлової енергії, випадаючої на 1 м² освітлюваної поверхні, що перпендикулярна до напрямку розповсюдження випромінювання, за весь час

дії вибуху (вогняної кулі).

Світловий імпульс в даній точці пропорційний потужності ядерного вибуху і обернено пропорційний квадрату відстані до центру вибуху. На світловий імпульс також впливають вид ядерного вибуху, стан (прозорість) атмосфери і інші чинники.

При наземних вибухах світловий імпульс на поверхні землі при тих же відстанях буде приблизно на 40 % меншим ніж при повітряних вибухах такої ж потужності. Пояснюється це тим, що в горизонтальному напрямі випромінюється не вся поверхня сфери вогняної кулі, а лише половина сфери, хоча і більшого радіусу.

Якщо земна поверхня добре відбиває світло (сніговий покрив, асфальт, бетон і ін.), то сумарний світловий імпульс (прямий і відбитий) при повітряному вибуху може бути більше прямого в 1,6...2 рази.

В атмосфері завжди відбувається ослаблення променистої енергії через розсіювання і поглинання світла частинками пилу, диму, краплями вологи (туман,

дощ, сніг). Ступінь прозорості атмосфери прийнято оцінювати коефіцієнтом K , що характеризує ступінь ослаблення світлового потоку. Вважається, що в великих промислових містах ступінь прозорості атмосфери можна характеризувати видимістю в 10...20 км; в приміських районах - 30...40 км, а в районах сільської місцевості, де ступінь забруднення повітря найменший, видимість досягає 60...80 км.

Світлове випромінювання, падаючи на об'єкт, частково поглинається, частково відбивається, а якщо об'єкт пропускає випромінювання, то частково проходить крізь нього. Скло, наприклад, пропускає більше 90 % енергії світлового випромінювання.

Ступінь ураження будь-якого матеріалу під дією світлового випромінювання при одному і тому ж світловому імпульсі залежить від коефіцієнта поглинання, фізичних властивостей (густини, теплоємності, теплопровідності), товщини матеріалу і інших чинників. Матеріали темного кольору більше поглинають світлове випромінювання, ніж світлі, а тому ушкоджуються швидше. Предмети, забарвлені чорною фарбою, поглинають близько 96 % світлового випромінювання, а білою - 18 %.

Чим більша потужність ядерного вибуху, тим більший світловий імпульс потрібен для запалювання одного і того ж матеріалу. Це пояснюється тим, що при великій потужності вибуху опромінювання світлом матеріалу триває довше. За цей час частина тепла втрачається за рахунок проникнення з поверхні в глибину матеріалу в результаті його теплопровідності.

Дія світлового випромінювання ядерного вибуху на будівлі і споруди об'єктів народного господарства виявляється у виникненні загорянь і пожеж, що викликають руйнування і знищення матеріальних цінностей, у ряді випадків перевершуючі по масштабах руйнування від ударної хвилі.

За оцінкою фахівців пожежної служби мінімальним розрахунковим світловим імпульсом, що викликає загоряння і пожежі, може бути імпульс в 100...150 кДж/м², при якому відбувається запалювання горючих матеріалів (сіна, соломи, стружки, обривків газетного паперу, сухого сміття і інших легкозаймистих речовин). Тому скупчення займистого сміття поблизу будівель – реальна загроза виникнення пожежі.

На промислових підприємствах можуть утворюватися окремі або суцільні пожежі. Окрема пожежа виникає в окремій будівлі або споруді. Суцільна пожежа характеризується тим, що всі або більшість будівель і споруд підприємства, що займають значну площу, охоплені вогнем.

Середня кількість спалахів від світлового імпульсу, що припадає на одиницю площі забудови, за інших однакових умов залежить від протипожежної готовності об'єкту. При добрій протипожежній підготовці об'єкту кількість пожеж може бути значно понижена, а для деяких виробництв зведена до нуля. Ця задача може бути успішно вирішена при обліку конкретних умов і основних чинників, що впливають на виникнення і розповсюдження пожеж на об'єкті.

На виникнення і розповсюдження пожеж впливають, головним чином, такі чинники: вогнестійкість будівель і споруд; пожежна небезпека виробництва; густина забудови; метеорологічні умови і ін.

Вогнестійкість будівель і споруд визначається займистістю їх елементів і межами вогнестійкості основних конструкцій (частин) будівель і споруд.

Займистість того або іншого елемента будівлі визначається займистістю будівельних матеріалів, з яких він виконаний. Всі будівельні матеріали по займистості діляться на три групи: не згораючі, важкоспалимі, згораючі.

Межа вогнестійкості будівельної конструкції – це період часу в годинах від початку дії вогню на конструкцію до утворення в ній наскрізних тріщин або до досягнення температури 200 °С на поверхні, протилежній дії вогню, або до втрати конструкцією несучої здатності (обвалення).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У відповідності з метою роботи були вирішені задачі дослідження та одержані наступні результати:

1. Проведено аналіз ефективності керування насосним обладнанням КП Новолинськводоканал за рахунок застосування сучасних енергоефективних способів керування насосним обладнанням.

2. Запропоновано спосіб керування з допомогою перетворювача частоти із скалярним керуванням та зворотним зв'язком за тиском.

3. В процесі експлуатації основним завданням керування є підтримання необхідного тиску в системі водопостачання підприємства при змінній витраті води.

4. В результаті моделювання роботи насосного обладнання було отримано графіки робочих параметрів системи, проаналізовано та враховано всі вимоги, необхідні для впровадження системи керування із використанням каскадно- частотного регулювання на підприємствах комунального водопостачання.

5. Впровадження такої систем керування на підприємствах комунального водопостачання дозволить підвищити їх енергетичну ефективність, а споживачів забезпечить якісною послугою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична політика за межами країн – членів МЕА: Україна 2012. Основні положення та рекомендації. Загальна енергетична політика. OECD/IEA: International Energy Agency, 2012. 42 с.
2. Законодавче та нормативно-правове стимулювання підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у провідних зарубіжних країнах. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України «НЕК «Укренерго» Науково-технічний центр електроенергетики, 2016. 85 с.
3. Денисюк С.П., Стрелкова Г.Г., Пфайфер К.Ф., Стрелков М.Т., Іщенко О.С. Європейські тенденції інноваційного розвитку в енергетичному секторі та сферах кінцевого енергоспоживання. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2018. № 2. С. 7-19.
4. Стратегія сталого розвитку "Україна - 2020". Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80> (дата звернення: 12.12.2023).
5. Указ Президента України «Про Стратегію сталого розвитку "Україна - 2020" від 12.01.2015 № 5/2015. URL <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> (дата звернення: 06.12.2023).
6. Розен В.П., Соколовська І.С., Іншеков Є.М., Стоянова І.І. Удосконалення механізму впровадження директиви 2012/27/EU про енергоефективність шляхом адаптації міжнародних стандартів з енергоменеджменту на національному рівні. Проблеми загальної енергетики. 2015. вип. 4 (43). С. 52- 57.
7. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-p> (дата звернення: 06.12.2023)
8. План заходів з реалізації Національного плану дій з енергоефективності на період до 2020 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-p#n11>

(дата звернення: 06.12.2023).

9. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p> (дата звернення: 10.12.2023).

10. Про затвердження плану заходів з реалізації етапу "Реформування енергетичного сектору (до 2020 року)" Енергетичної стратегії України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність". Розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 червня 2018 р. N 497-р. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR180497.html (дата звернення: 10.12.2023).

11. Денисюк С.П. Особливості реалізації політики енергоефективності - пріоритети України. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2013. №3. С. 7-19.

12. Євтушенко А.О., Неня В.Г., Сотник М.І., Хованський С.О. Визначення оптимального складу насосної станції системи комунального водопостачання. Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. 2008. Вип. 4/2008 (51). Ч. 1. С. 158-162.

13. Сотник М.І., Бойко В.С., Юрченко М.М. Визначення ефективності експлуатації електромеханічних агрегатів. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2013. Вип. 2/2013 (22). Ч. 2. С. 226-232.

14. Давиденко Л.В., Давиденко В.А., Розен В.П. Моніторинг ефективності енерговикористання в системах комунального водопостачання : монографія. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. 148 с.

15. Давиденко Л.В., Розен В.П., Давиденко Н.В. Формування енергоефективних режимів насосних станцій комунального водопостачання : монографія. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2018. 104 с.

16. Давиденко Л.В., Розен В.П., Давиденко Н.В., Давиденко В.А. Планування та контроль електроспоживання в системах комунального водопостачання : монографія. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2020. 160с.

17. Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко В.А. Комплексний підхід до задачі енергозбереження та оцінювання рівня енергоефективності водопостачального підприємства як складної системи. Відновлювана енергетика. 2010. №1(20). С. 65-70.

18. Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко В.А. Формування інформаційного поля для оцінювання рівня енергоефективності систем комунального водопостачання. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. 2010. Вип. 4/2010 (63), Ч.1. С. 50-53.

19. Свідоцтво про авторське права на технічний твір № 37831. Методика оцінювання рівня ефективності енерговикористання на об'єктах підприємства комунального водопостачання та водовідведення / Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко В.А. Заявка № 37897 від 09.02.2011. Зареєстр. 08.04.2011

20. Свідоцтво про авторське право на науковий твір № 83989. Процедура формалізації циклічних змін водоподачі насосних станцій комунального водопостачання / Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко Н.В. Заявка № 85055 від 06.11.2018. Зареєстр. 26.12.2018. Опубл. 25.01.2019. Бюл. № 51. С.851

21. Свідоцтво про авторське право на науковий твір № 85617. Процедура побудови базового рівня електроспоживання насосної станції водопостачання / Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко Н.В. Заявка № 85617 від 31.01.2019. Зареєстр. 11.02.2019. Опубл. 26.04.2019. Бюл. № 52. С.644

22. Півоваров О.А., Дубницький В.І., Федулова С.О. Оцінка інвестиційної привабливості водопровідно-каналізаційного господарства як базової галузі національного господарства. Наука, технології, інновації. 2017. № 1 (1). С. 55-62.

23. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження у житлово-комунальному господарстві на 2010-2014 рр. Київ. 2009. (Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства №352 від 10.11.2009). URL: <http://text.normativ.ua/doc17772.php> (дата звернення: 10.12.2023).

24. Бойко В.С., Сотник Н.И., Сотник И.Н. Энергоэффективная насосная станция третьего подъема. Технічна електродинаміка. 2005. № 3. С. 62-65.

25. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2011 році. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України, 2012. 642 с.

26. Островерхов М.Я. Моделирование электромеханических систем в Simulink : [навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів] / М.Я. Островерхов, В.М. Пижов – К. : ВД «Стилос», 2008. – 528 с.

27. Мітрахович М. М., Герасимчук І. С. Методика розрахунку основних показників енергоефективності підприємства. Наукоємні технології. 2009. № 3. С. 93-95

28. Энергобережения – приоритетный напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.; Відпов. Ред.. Шидловський А.К. Київ : УЕЗ, 1998. 506 с

29. Маляренко О.Є. Показники енергоекономічного аналізу для визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у багато продуктивних виробництвах промислової продукції. Проблеми загальної енергетики. 2010. Вип.1(21). С.40-46.

30. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. - 156 с.