

УДК 648.234

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПОКРАЩЕННЯ РОБОЧОГО ЦИКЛУ
КОМПРЕСІЙНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА ЗА РАХУНОК
ЗБІЛЬШЕННЯ ХОЛОДОЄМКОСТІ ВИПАРНИКА****Зейліш А. М., Петко І. В.**

Київський національний університет технологій та дизайну

У статті розглянуто вплив збільшення холодоємності випарника на робочий цикл компресійного холодильника, а особливо на зміну частоти пусків та зупинок компресора. Показано, що часті пуски є причиною виходу з ладу компресорів у зв'язку з тяжким перетіканням перехідних процесів, а в результаті підгорянням обмоток двигуна.

Ключові слова: *холодильник, компресор, акумулятор холоду, холодоємність*

Частота вмикання компресора холодильників у значній мірі залежить від умов в яких вони працюють. За умов тропіків або у приміщеннях високої температури швидкість нагрівання холодильних камер значно зростає, що погано впливає на роботу всього агрегату [1]. Також в наслідок частих запусків ускладнюється робота компресора. Таким чином працездатність компресійних холодильників привертає багато уваги при їх розробці.

Об'єкт та методи дослідження

Об'єктом дослідження є побутові холодильні агрегати компресійного типу.

Предметом дослідження є способи збільшення холодоємності випарника побутових компресійних холодильних агрегатів. Поставлені у роботі задачі вирішуються за допомогою теоретичних та експериментальних методів досліджень.

Постановка завдання

Метою даної роботи є розробка нового технічного рішення, яке спрямоване на покращення робочого циклу компресійного холодильника збільшення холодоємності випарника, що забезпечить зменшення кількості пусків компресора та підвищить його довговічність.

Результати дослідження та їх обговорення

Для проведення досліджень використано стенд на основі компресійного агрегату побутового холодильника. Електрична схема стенду представлена на рис. 1.

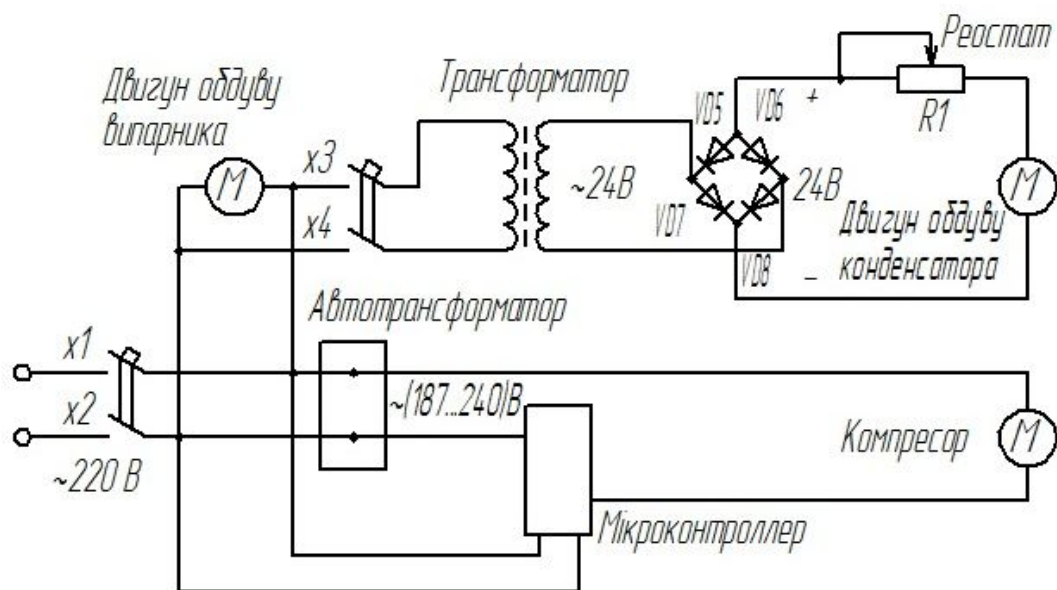


Рис. 1. Електрична схема стенду для дослідження холодильного агрегату

До складу холодильного агрегату входять механізми та апарати, технічні характеристики яких наступні:

- синхронний двигун обдуву випарника, модель NET1T10ZVN002 (напруга живлення 220 В, потужність 10 Вт, споживана потужність 38 Вт, сила струму 0,23 А, швидкість обертання вала 1300 об/хв), який забезпечує рівномірність охолодження по всьому об'єму камери за рахунок зміни руху повітря [2];
- автотрансформатор (номінальна напруга 220 В, потужністю навантаження 1500 Вт, струм навантаження 6,6 А, діапазоном регулювання напруги 0-250 В), який забезпечує стабілізацію напруги;
- трансформатор (напругою 220 В і вхідним струмом 4 А), який забезпечує зміну напруги в діапазоні від 220 В до 24 В на виході;
- діодний міст, який перетворює змінний струм в постійний;
- реостат (50 Ом), який потрібен для управління роботою двигуна обдуву конденсатора;
- двигун обдуву конденсатора, модель DB349K302 (двигун постійного струму паралельного збудження потужністю 41 Вт, швидкість обертання вала 2000 об/хв.);
- мікроконтролер, модель ELIWELL ID 961 LX (діапазон вимірів від -50 до 140 °С і точністю не більше 1 °С, напруга живлення 220 В) який забезпечує регулювання холодопродуктивності компресора;

- компресор, модель Danfoss SC15G (потужністю 500 Вт і споживаним струмом 3,5 А) [3];
- вольтметр (діапазон вимірювання напруги: 150-250 В, границя допустимої основної абсолютної похибки 0,5 В, діапазон вимірюваної частоти 45-55 Гц);
- клеми, які необхідні для підключення тестера, амперметра-самописця.

Проведення експериментальних досліджень з регулювання холодопродуктивності компресора забезпечується за рахунок термореле, яка знаходиться в камері охолодження. Контролер включає компресор для того, щоб підтримувати температуру повітря в камері -10 °С (показник регулюється).

Автотрансформатор дозволяє регулювати напругу живлення в допустимих межах живлення від 187 до 243 В і, тим самим, визначити холодопродуктивність компресора в залежності від умов експлуатації.

Зміна швидкості двигуна постійного струму, на якому знаходиться крильчатка для обдуву конденсатора, забезпечується реостатом за рахунок зміни напруги живлення.

На панелі управління встановлено п'ять високоточних термометрів з температурним діапазоном від - 50 °С до + 70 °С та точністю ± 1 °С, за допомогою яких оцінюється температура в п'яти точках холодильного агрегату.

Дослідження на стенді проводяться в такій послідовності:

Коли тумблер перемикається в положення «Вкл», одночасно подається із мережі напруга на двигун обдуву випарника, мікроконтролер та автотрансформатор. Двигун обдуву конденсатора вмикається додатковим тумблером.

Коли температура в камері охолодження досягла заданого значення, мікроконтролер розмикає контакти і компресор вимикається.

Двигун обдуву конденсатора живиться постійним струмом 24 В від трансформатора.

На данному стенді проведені дослідження:

- роботи холодильної установки компресійного типу при напрузі живлення компресора 220 В і обертанні двигуна обдуву конденсатора $n=1200$ об/хв без застосування додаткових елементів;
- роботи холодильної установки компресійного типу при попередньо заданих параметрах, але з застосуванням акумулятора холоду [4].

Результати досліджень по першому експерименту представлені у таблиці 1 та графіком на рис. 2 без навантаження, а з навантаженням — у таблиці 2 та графіком на рис. 3.

Таблиця 1

Залежність температур в контрольних точках від часу виходу компресора
на усталений режим без навантаження

Час роботи, tn, с	Tk Температура на контролері, °C	T1 Температура нагнітання компресора, °C	T2 Температура конденсатора, °C	T3 Температура на виході із конденсатора, °C	T4 Температура с, °C	T5 Температура на вході компресора, °C
0	-6	54,8	26,2	28,7	33,8	-5
15	-7	54,7	26	28,2	33,8	-7,2
30	-8	54,3	25,9	27,3	33,7	-9
45	-10	51,8	24,9	25,5	33,2	-8,7
60	-10	49,3	24,1	24,1	32,6	-6
75	-9	46,7	23,3	22,8	32,1	-3
90	-8	44,2	22,9	21,7	31,8	-1,1
105	-7	41,9	22,5	20,9	31,4	0
120	-6	39,6	22,2	20,2	31,2	2
135	-5	40,5	22,5	21,6	31,1	1
150	-5	46,6	23,9	24,1	31,6	-1,7
165	-6	50,8	25,2	26,7	32,2	-4,1
180	-7	52,8	25,4	27,5	32,5	-5
195	-8	53,2	25,2	27,9	32,8	-6
210	-9	50,7	24,2	24,3	32,4	-4
225	-9	48,2	23,5	22,5	32,1	-3,2
240	-8	45,8	22,9	21,1	31,8	-1,2
255	-7	43,5	22,5	20,2	31,4	0
270	-6	41,2	22,1	19,3	31,2	1
285	-5	40,5	22,1	19,1	31,1	2

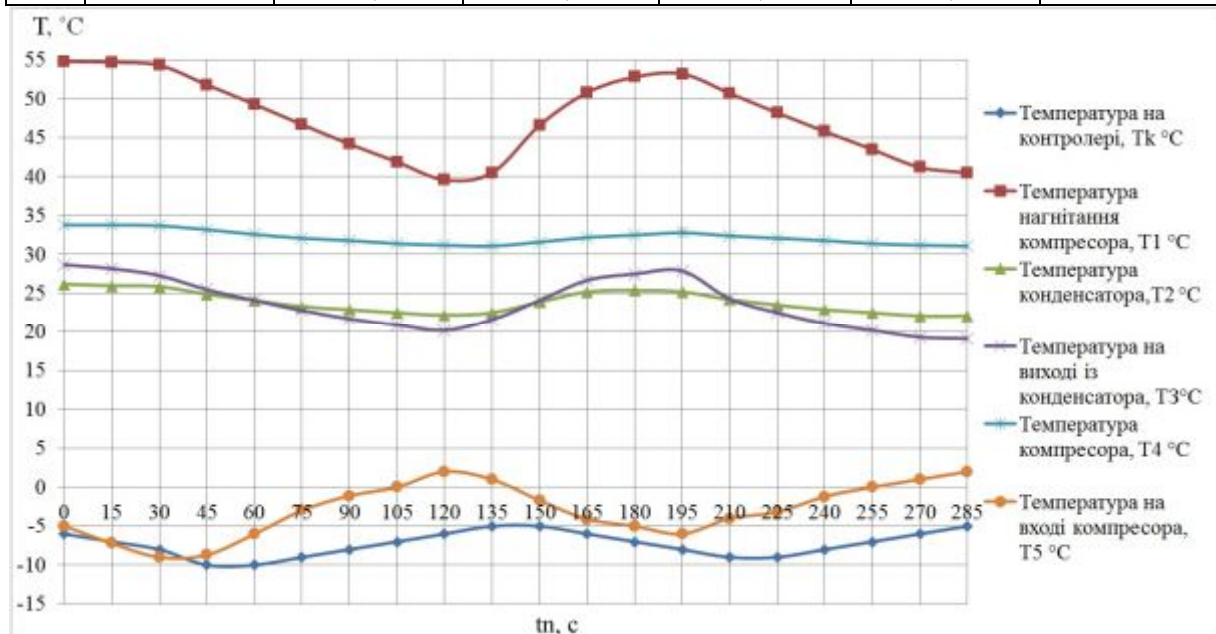


Рис. 2. Графік залежності температури в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим без навантаження

Таблиця 2

Залежність температур в контрольних точках від часу виходу компресора
на усталений режим з навантаженням

Час роботи t_n , с.	Tk Температура на контролері, °C	T1 Температура нагнітання компресора, °C	T2 Температура конденсатора, °C	T3 Температура на виході із конденсатора, °C	T4 Температура компресора, °C	T5 Температура на вході компресора, °C
0	-6	40,4	22,9	23,2	26,7	10,8
15	-7	41,1	23	23,2	26,9	10,1
30	-8	41,1	22,8	22,9	27,1	9,1
45	-9	39,9	22,5	22,1	26,9	9,1
60	-8	38,2	22	21,2	26,6	9,7
75	-8	36,7	21,6	20,4	26,4	10
90	-6	35,2	21,4	19,9	26,3	10
105	-5	33,8	21,2	19,5	26,3	10
120	-5	37,2	22,1	21,6	26,7	8,1
135	-5	41,8	23	23,1	27,4	3
150	-6	44,2	23,9	24,1	28	-0,9
165	-7	45,8	24,1	25,1	28,4	-2
180	-9	45,8	23,8	24,2	28,6	-4,1
195	-9	44,1	23	21,1	28,3	-3
210	-9	42,2	22,3	20,4	28,1	-2
225	-8	40,2	21,9	19,3	27,9	-1,1
240	-7	38,2	21,5	18,7	27,7	0,8
255	-6	36,4	21,3	18,2	27,5	2
270	-5	35,9	21,2	18,1	27,5	2,8

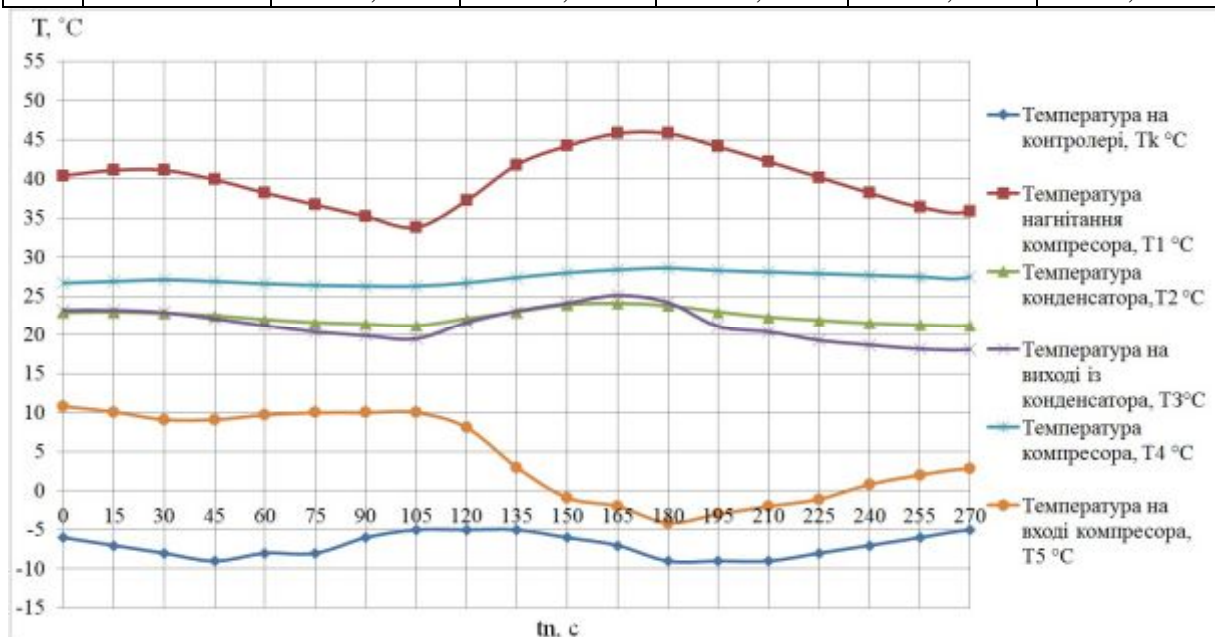


Рис. 3. Графік залежності температури в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим з навантаженням

Аналіз представлених результатів досліджень показав, що швидкість виходу компресора на усталений режим при наявності навантаження на агрегат більший ніж без навантаження. Також видно що процеси які відбуваються в установці протікають у складніших температурних режимах при наявності навантаження.

Результати досліджень по другому експерименту представлені у таблиці 3 та графіком на рис. 4 без навантаження, а з навантаженням — у таблиці 4 та графіком на рис. 5, при цьому розміщуємо в камері охолодження акумулятор холоду.

Таблиця 3

Залежність температур в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим з акумулятором холоду

Час роботи, с.	Tк Температура на контролері, °C	T1 Температура нагнітання компресора, °C	T2 Температура конденсатора, °C	T3 Температура на виході із конденсатора, °C	T4 Температура компресора, °C	T5 Температура на вході компресора, °C
0	-6	55,2	26,8	28,9	34,2	-11,2
15	-7	55,3	26,7	28,7	34,2	-12,1
30	-9	54,8	26,4	27,7	34,2	-13,2
45	-10	52,5	25,3	25,8	33,7	-9
60	-10	49,9	24,2	24,2	33,1	-6
75	-10	47,3	23,5	22,9	32,6	-3
90	-10	44,8	23,1	22	32,2	-1,1
105	-9	42,3	22,9	21,2	31,9	0
120	-8	40,1	22,5	20,5	31,6	2,1
135	-6	38,1	22,2	19,9	31,3	3,2
150	-5	36,5	22,1	19,4	31,2	4,7
165	-5	41,5	23,2	22,9	31,4	-3
180	-5	48,3	24,9	25,9	32	-8
195	-7	51,8	25,6	27,8	32,5	-10,2
210	-8	53,5	25,7	27,5	32,9	-11

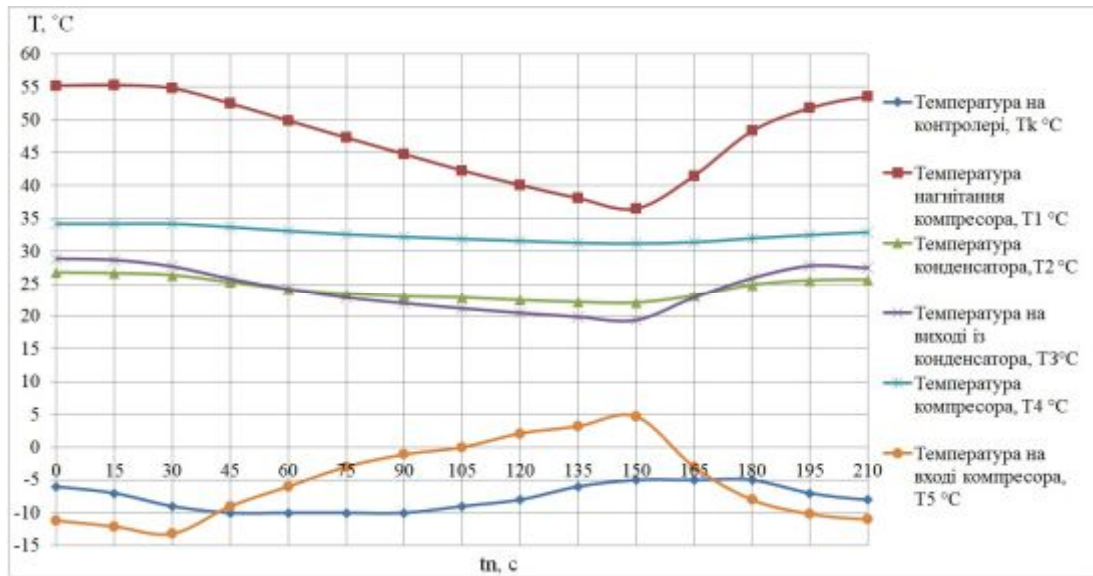


Рис. 4. Графік залежності температури в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим з акумулятором холоду

Таблиця 4

Залежність температур в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим з акумулятором холоду та навантаженням

Час роботи t_n , с.	Tk Температура на контролері, °C	T1 Температура нагнітання компресора, °C	T2 Температура конденсатора °C	T3 Температура на виході із конденсатора, °C	T4 Температура компресора, °C	T5 Температура на вході компресора, °C
0	-6	52,1	25,2	26,2	32,1	-8
15	-7	52,1	25,3	26,1	32,1	-10,1
30	-8	51,8	25,2	26,3	32,1	-11,1
45	-9	49,9	24,5	25,4	31,8	-9,8
60	-9	47,6	23,6	23,9	31,2	-7,1
75	-8	45,1	22,9	22,4	30,8	-4
90	-7	42,7	22,2	21,2	30,4	-2,2
105	-6	40,5	21,9	20,4	30,2	0
120	-5	40,5	22,1	21,2	30,1	0,2
135	-4	45,9	23,5	23,6	30,6	-2,1
150	-5	49,8	24,8	25,6	31,2	-4,5
165	-6	51,9	25,2	26,7	31,6	-5,7
180	-7	53,1	25,4	26,5	32	-7,1
195	-8	53,8	25,7	26,9	32,2	-8
210	-9	52,2	25	26	32	-7
225	-9	49,8	23,9	24,1	31,5	-5
240	-8	47,1	23,1	22,2	31,1	-3
255	-7	44,5	22,5	20,8	30,8	-1
270	-6	42,1	22,2	19,7	30,5	0,2
285	-5	41,3	22,1	19,3	30,5	1

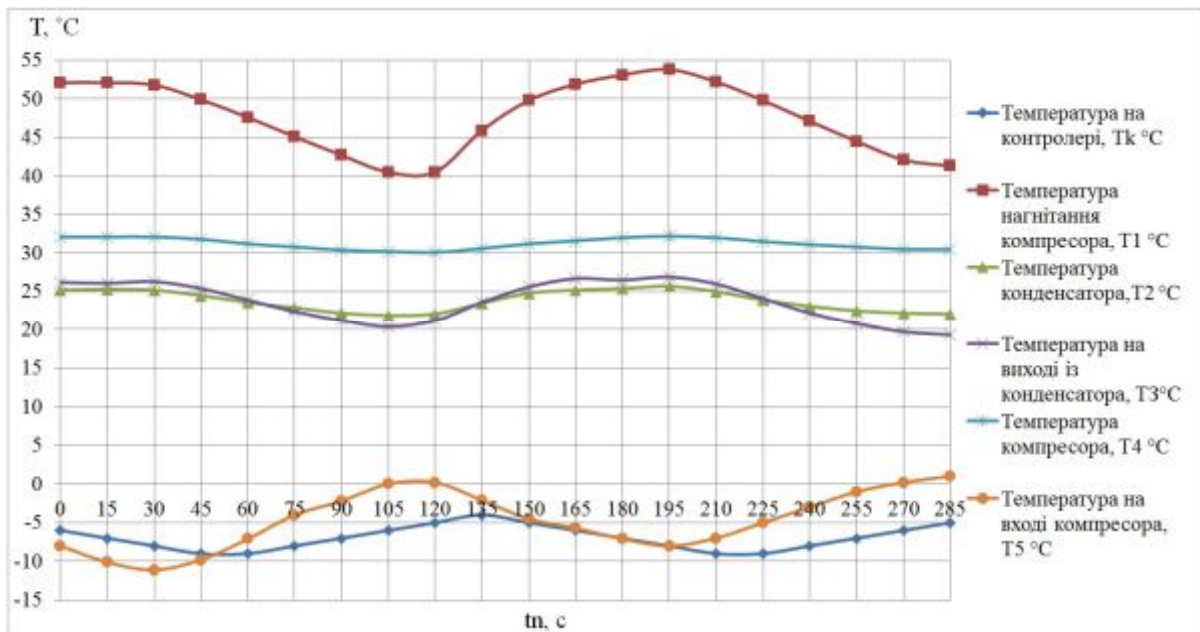


Рис. 5. Графік залежності температури в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим з акумулятором холоду та навантаженням

Аналіз представлених результатів досліджень показав, що швидкість виходу компресора на усталений режим при наявності навантаження на агрегат більший ніж без навантаження що схоже з попереднім дослідом, а також, процеси які відбуваються в установці протікають у складніших температурних режимах при наявності навантаження.

Результати порівняння двох попередніх дослідів представлені у таблиці 5 та графіком на рис. 6.

Таблиця 5

Залежність температури на контролері від часу виходу компресора на усталений режим при різних умовах роботи

Час роботи tn, с.	з акумулятором, °C	з навантаженням, °C	з акумулятором та навантаженням, °C	без навантаження, °C
0	-7	-7	-7	-7
15	-9	-8	-8	-8
30	-10	-9	-9	-10
45	-10	-8	-9	-10
60	-10	-7	-8	-9
75	-10	-6	-7	-8
90	-9	-5	-6	-7
105	-8	-4	-5	-6
120	-6	-5	-4	-5
135	-5	-6	-5	-5
150	-5	-7	-6	-6
165	-5	-9	-7	-7
180	-7	-	-8	-8
195	-8	-	-	-

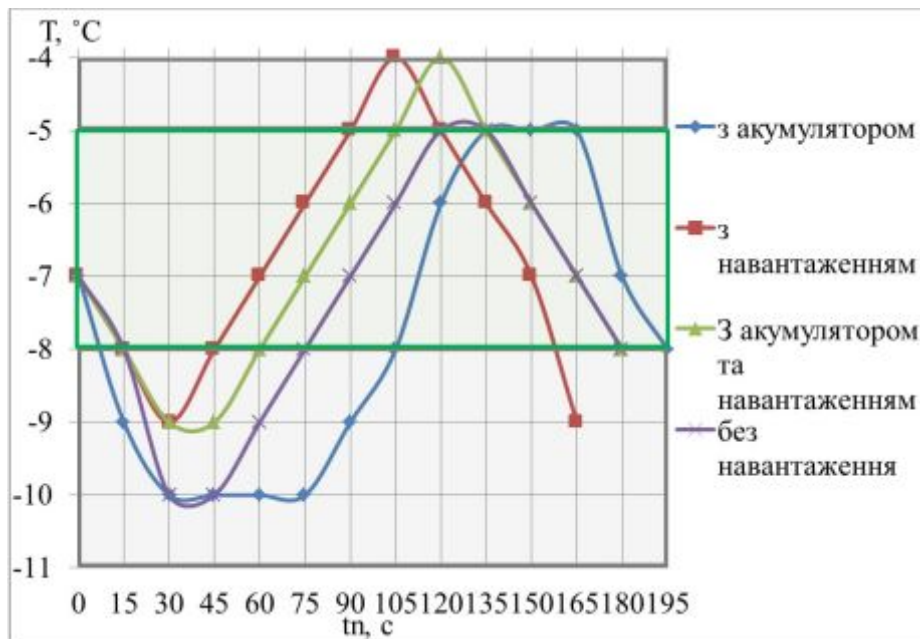


Рис. 6. Графік залежності температури на контролері від часу виходу компресора на усталений режим при різних умовах роботи установки

Аналіз представлених результатів показав, що проміжок часу між вмиканням компресору є найбільшим за умови наявності акумулятора холоду в камері охолодження. Це дає змогу нам стверджувати, що акумулятор холоду безпосередньо впливає на швидкість зниження температури в камері і може зменшити кількість вмикань компресору за певний проміжок часу [5].

Використовуючи дані дослідів ми можемо побудувати залежність часу зменшення температури в камері охолодження від кількості вмісту акумулятора холоду що знаходиться в цій камері.

Проаналізувавши швидкість зниження температури в камері охолодження за умови наявності в ній акумулятора холоду можна зробити висновок що час за який камера нагріється вище позначки 0 °C є досить значним. Тому при втраті живлення всієї установки акумулятор холоду ще досить значний час буде підтримувати температуру в середині камери в межах температурного режиму.

Висновки

1. В результаті проведених досліджень показано можливість модернізації конструкції за рахунок введення додаткової ємності з акумулятором холоду в морозильну камеру. Що дає можливість збільшити час тривалості циклу холодильного агрегату.

2. Експериментальні дослідження на спеціально розробленому стенді показали, що кількість вмикань компресора за певний проміжок часу значно скорочується за умови наявності у холодильній камері акумулятора холоду, а час за який температура в камері підвищиться до 0 °С значно зростає.

3. Рекомендовано на холодильники, які працюють у сільській місцевості, де є перебої з енергопостачанням чи на торгових точка з пониженою напругою встановлювати акумулятори холоду. Це зокрема збереже продукти харчування при втраті електропостачання на тривалий проміжок часу, а також компресор від зайвих пусків що так шкідливо на нього впливають і призводять до несправності. Заміна компресору, неможлива без стравлювання фреону в атмосферу, тому чим менша кількість компресорів буде виходити з ладу, тим менше буде зруйновано озонового шару, тому що в даний час 80% холодильників працюють на озоноруйнуючих холодоагентах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кошкин Н.Н. Холодильные машины / Н.Н. Кошкин — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 512 с.
2. Электробытовая техника: Навчальний посібник / [І.В. Петко, О.П. Бурмістенков, В.В. Кострицький та ін.]. — К. : КНУТД, 2009. — 202 с.
3. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе / [Б.С. Бабакин, В.И. Стефанчук, Е.Е. Ковтунов та ін.]. — М. : Колос, 2000. — 160 с.
4. Чекотилло А. Аккумуляторы холода // Техника – молодежи. – 1959. – № 02. – с. 37.
5. Дзенс-Литовский А. И. Соляные озера СССР и их минеральные богатства. Л., «Недра», 1968. – 118 с.

Зейлиш А. М., Петко И. В.

Изучение возможности улучшения рабочего цикла компрессионного холодильника за счет увеличения холодоёмкости испарителя

В статье рассмотрено влияние увеличения холодоёмкости испарителя на рабочий цикл компрессионного холодильника, а особенно на изменение частоты пусков и остановок компрессора. Показано, что частые пуски являются причиной выхода из строя компрессоров в связи с тяжелым перетеканием переходных процессов, а в результате подгорание обмоток двигателя.

Ключевые слова: холодильник, компрессор, аккумулятор холода, холодоёмкость

Ziilish A. M., Petko I. V.

Studies the possibility improve cycle of compression refrigerator by increasing the evaporator cooling capacity

The article considers impact of increased evaporator cooling capacity to compression refrigerator cycle, especially on the change in frequency of starts and stops the compressor. It is shown that frequent starts the cause of compressor failure of, due to the transient processes difficult overflowing and as a result the motor windings burning.

Keywords: *refrigerator, compressor, ice pack, cooling capacity*