

УДК 004.891.3

ДІАГНОСТИКА РОБОТИ ПАРОКОМПРЕСІЙНОГО ТЕПЛОНАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ

В. В. Джеджула

Проаналізовано основні види несправностей та неефективної роботи теплонасосного обладнання. Запропоновано інформаційно-вимірювальну систему діагностики роботи даного холодильного обладнання

Проанализировано основные виды неисправностей та неэффективной работы теплонасосного оборудования. Предложено информационно-измерительную систему диагностики работы данного холодильного оборудования.

It is analysed principal views of malfunctions that of inefficient work vapor compression heat pump system. It is offered information-measuring system of diagnostics of work of the given refrigerating machinery.

Вихідні умови та постановка задач дослідження

Використання теплових насосів дозволяє отримати низькопотенційне тепло з природних джерел, витрачаючи при цьому значно менше електричної енергії, ніж при безпосередньому її перетворенні на теплову. Коефіцієнт перетворення енергії COP в сучасних парокомпресійних теплових насосах складає 3...5, тобто, на 1 кВт електричної енергії можна отримати 3...5 кВт теплової. Робота холодильної машини, якою є тепловий насос, дозволяє отримати тепло в холодний період року і за рахунок реверсивності – холод в теплий період. Але перекачування теплової енергії супроводжується рядом проблем, своєчасна діагностика яких дозволить досягнути максимального COP і уникнути вимкнення агрегату. Аналіз несправностей холодильних машин і роботи теплонасосного обладнання наведено у літературі [1–4].

В літературних джерелах не зроблено акцент на роботі холодильної машини як складової системи кліматизації будинку, не враховано вплив системи опалення і кондиціонування, акумуляційних властивостей ґрунтових масивів на роботу агрегатів.

Метою статті є аналіз основних несправностей парокомпресійних теплових насосів, методів їх діагностики та створення інформаційно-вимірювальної системи діагностики даного обладнання.

Розв'язання задач

Робота теплонасосного обладнання суттєвим чином залежить від багатьох факторів, серед яких є і такі, що безпосередньо до холодильного обладнання не відносяться: тепловтрати будівлі, що опалюється, тип ґрунту, де розташовано колектор, схема системи опалення, якість живлення електричною енергією та інші. Діагностику роботи агрегатів даного типу необхідно здійснювати в два етапи: вимірювання характерних величин і моделювання роботи системи. Деякі несправності мають схожі діагностичні характеристики, тому для їх розрізнення необхідно оперувати інформацією, яку не завжди можна явно отримати. В даному випадку для оцінки стану теплонасосного обладнання необхідно ґрунтуватися на теорії нечіткої логіки та гібридних нейронних мереж. У сукупності підсистеми вимірювання і обробки складають інформаційно-вимірювальну систему.

До основних несправностей у роботі теплонасосного обладнання можна віднести:

- проблеми, пов'язані з роботою терморегуляційного вентиля;
- несправності випарника, пов'язані з зниженням коефіцієнта теплопередачі;
- несправності конденсатора, пов'язані із зниженням коефіцієнта теплопередачі;
- проблеми запуску у холодний період і регуляції тиску конденсації;
- недостатня або надлишкова кількість холодильного агента;
- проблеми відбору теплоти ґрунтовим колектором, нестационарність процесів

- тепломасообміну в ґрунтовому шарі;
- невідповідність системи опалення (охолодження) параметрам теплового насоса;
- руйнування клапанів і надлишкова потужність компресора;
- наявність у контурі домішків, що не конденсуються;
- передчасне дроселювання у газовому або рідинному трубопроводах;
- проблеми електроживлення;
- проблеми регулювання системи теплохолодопостачання.

Структурну схему інформаційно-виміральної системи (ІВС) подано на рис. 1, а загальний вигляд виміральної підсистеми – на рис. 3. Вона складається з вимірально-діагностичних блоків «Випарник», «Конденсатор», «ТРВ», «Компресор», «Колектор» і інформаційного блока «Оператор» – сукупності інформації, що надається оператором ІВС. Для комплексної діагностики теплового насоса як складової системи кліматизації, необхідно обробити сукупність інформації, яка отримується від температурних сенсорів, сенсорів тиску та струму. Частина візуально сприйнятої інформації вводиться в блок аналізу оператором (рис. 4).

Аналіз отриманої інформації дозволяє зробити висновки про конкретну причину несправності або неефективної роботи комплексу. Розглянемо приклад діагностики несправності теплового насоса у два етапи – отримання інформації від сенсорів і аналіз роботи теплового насоса на $\lg(P)$ - h діаграмі (рис. 2). Результати аналізу замірів температур і тисків конденсації і кипіння дозволили виявити, що спостерігається мале переохолодження рідини (т. 1), значний перегрів газу у випарнику (т. 2), перепад температур на лінії всмоктування (т. 3). Заміри струму, що споживає компресор, дозволяють зробити висновки про гідравлічні втрати в компресорі, випарнику, всмоктувальній, а також в нагнітальній лінії (т. 4).

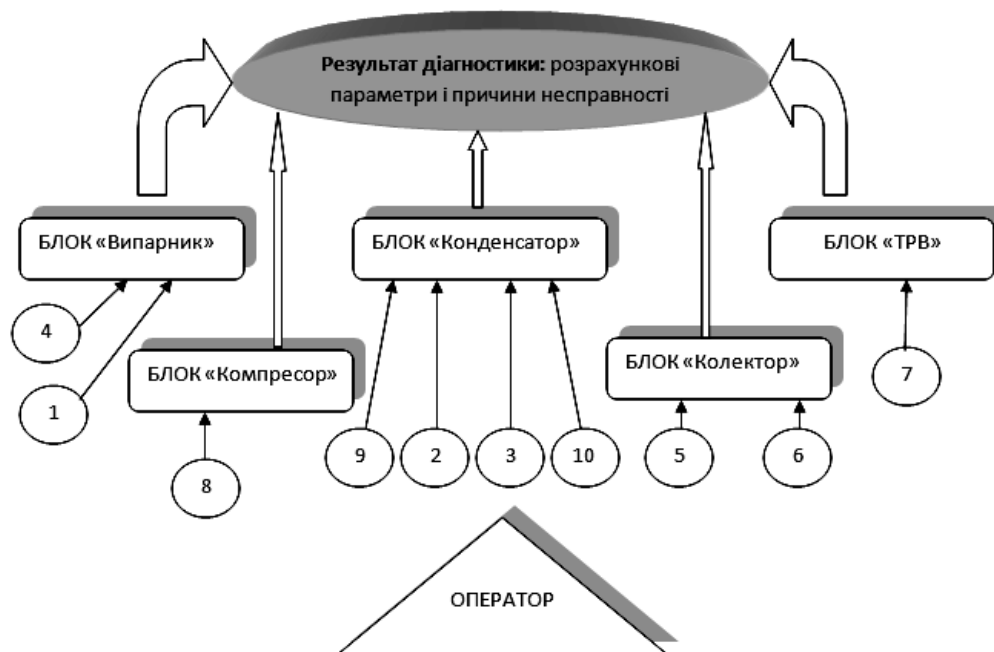


Рис. 1. Структурна схема діагностичної інформаційно-виміральної системи

Сенсори температури, тиску і струму, що діагностують тепловий насос:

- 1 – температура фреону на виході з випарника;
- 2 – температура фреону на виході з конденсатора;
- 3 – тиск конденсації;
- 4 – тиск випаровування;
- 5 – температура ґрунтові води (вхід);
- 6 – температура ґрунтові води (вихід);
- 7 – температура рідинного ресивера (в разі потреби);

- 8 – струм компресора;
- 9 – температура води системи опалення на вході в конденсатор;
- 10 – температура води системи опалення на виході з конденсатора.

Інформація, що вводиться у програму оператором

- 1 – марка фреону;
- 2 – геометричні розміри фреонопроводів і ресивера;
- 3 – характеристики циркуляційних насосів;
- 4 – розрахункова потужність системи опалення;
- 5 – теплонадходження будівлі;
- 6 – тепловтрати будівлі.
- 7 – наявність обмерзання ТРВ і трубопроводів;
- 8 – наявність пульсацій системи;
- 9 – тип ґрунту та характеристики колектора.

Аномальне падіння тиску кипіння може свідчити про недостатню кількість холодоагенту, але розрахунок маси холодоагенту в динамічному стані системи дозволив зробити висновок, що однією з причин падіння тиску кипіння є також великий гідравлічний опір всмоктувальної лінії, що проілюстровано на діаграмі (рис. 2).

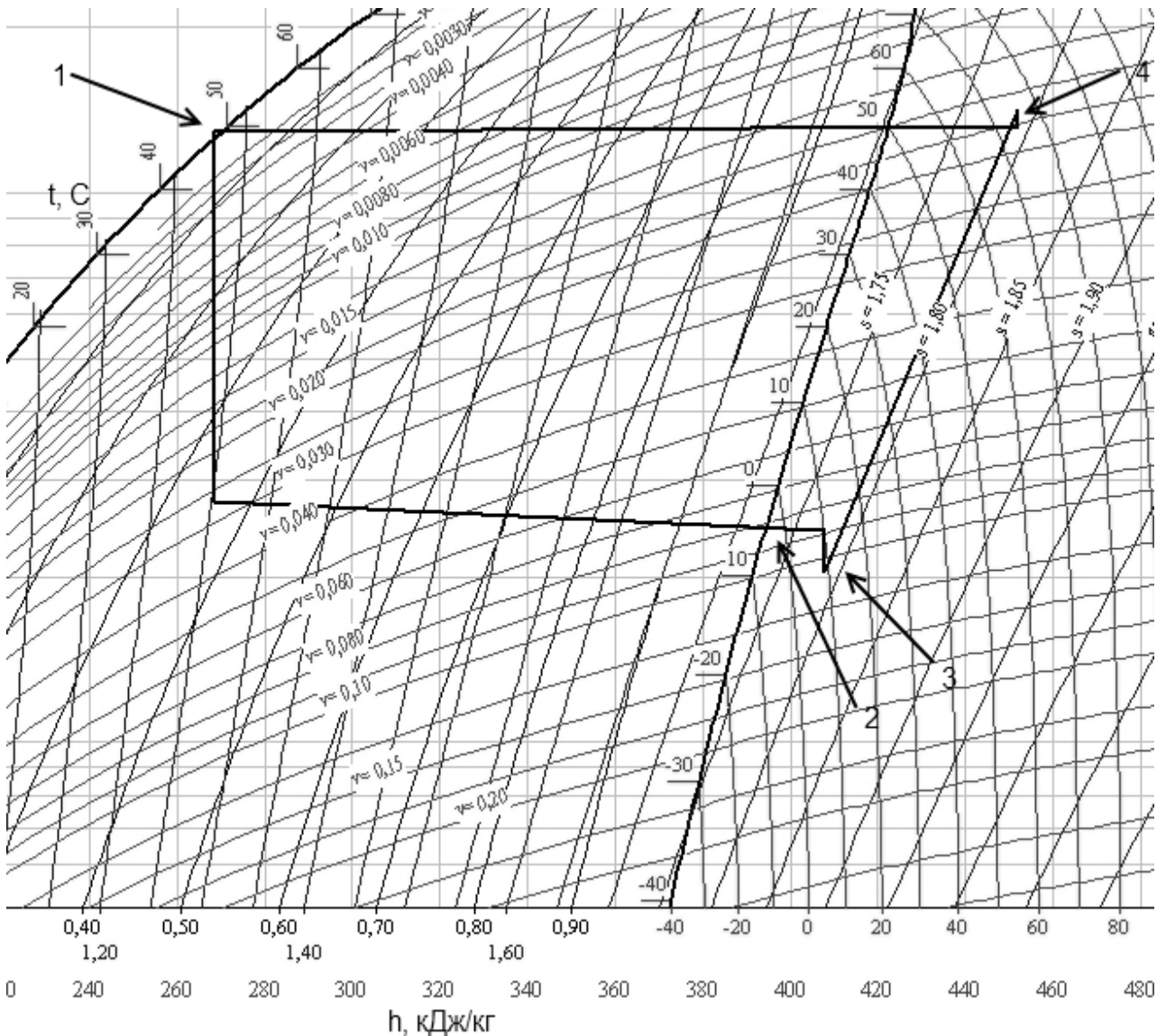


Рис. 2. Моделювання роботи теплового насоса на lg(P)-h діаграмі

Наявність тільки звичного набору інструментів у вигляді манометрів у оператора не дозволить йому виявити правильно несправність, тому що падіння тиску кипіння супроводжується і при недостатній циркуляції теплоносія з ґрунтового колектора, і при зростанні гідравлічного опору випарника, і при значній втраті тиску у всмоктувальній лінії, але при цьому, при нормальній кількості фреону в системі.

Результати даного випадку діагностики дозволяють навести рекомендації щодо усунення виявлених несправностей:

- замінити фільтр-осушувач чи інше джерело дроселювання на газовій магістралі;
- дозаправити систему до потрібного тиску кипіння. Критерієм величини дозаправки є відповідність розрахунковим температури переохолодження у конденсаторі і температури перегріву у випарнику.

Значення температури перегріву визначається згідно з формулою:

$$t_{перег} = t_0 - t_{бал} \quad (1)$$

де $t_{перег}$ – температура перегріву, яка повинна знаходитися в межах 5...8 С;

t_0 – температура випаровування, що визначається по манометру низького тиску;

$t_{бал}$ – температура термобалона ТРВ.

Значення температури переохолодження визначається згідно з формулою:

$$t_{перох} = t_k - t_{конд} \quad (2)$$

де $t_{перох}$ – температура переохолодження, яка повинна знаходитися в межах 5...8 °С;

t_k – температура конденсації, що визначається по манометру високого тиску;

$t_{конд}$ – температура фреонової магістралі після конденсатора.

Реалізація ІВС здійснена на базі 8-канального аналогового блока введення МВА8, шести платинових температурних сенсорів СтВ 03 (Pt1000) та двох сенсорів тиску ПД 100-ДИ 2,5. Інформація в комп'ютер передавалась за допомогою перетворювача RS 485-USB (рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд вимірювальної підсистеми ІВС



Рис. 4. Приклад візуальної діагностики: обмерзання ТРВ

В комп'ютері інформація, отримана від підсистеми вимірювання, обробляється в математичному пакеті Simulink, де поєднуються методи обчислення, моделювання і нечіткого аналізу інформації на базі теорії нечіткої логіки та гібридних нейронних мереж.

Висновки

- Запропонована інформаційно-вимірювальна система діагностики роботи холодильного обладнання дозволяє зробити висновки про конкретну причину несправності або неефективної роботи комплексу.

Список використаної літератури

1. Котзаогланиан Патрик. Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования / П. Котзаогланиан. – М.: Эдем, 2007. – 832 с. – ISBN 978-5-93995-006-0.
2. Мааке В. Учебник по холодильной технике / В. Мааке, Г.-Ю. Эккерт, Ж.-Л. Кошпен – М.: Издательство московского университета, 1998. – 1160 с. – ISBN 5-211-03892-4.
3. Холодильные машины / [А. В. Бараненко, В. И. Пекарев, И. А. Сакун и др.] – СПб.: Политехника, 1997. – 992 с. – ISBN 5-7325-0372-2.
4. Нимич Г.В. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха / Г. В. Нимич, В. О. Михайлов, Ю. С. Бондар – К.: Аванпост Прим, 2003. – 626 с. – ISBN 966-7671-65-8.
5. Лэнгли Б. Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха и в холодильных установках / Б. Лэнгли. – М.: Евроклимат, 2003. – 220 с. – ISBN 5-94447-010-0.
6. Полевой А. А. Монтаж холодильных установок: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2005. – 259 с. – ISBN 5-7325-0812-0.
7. Ананьев В. А. Холодильное оборудование для современных центральных кондиционеров. Расчеты и методы подбора / В. А. Ананьев, И. В. Седых. – М.: Евроклимат, издательство ООО «Диксис Трейдинг», 2001 – 96 с. – ISBN 5-94447-003-8

Джеджула В'ячеслав Васильович – к.т.н., старший викладач кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.