

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 24, No. 3, 2004

흡수식 2중효용 시스템의 증발기 열원으로 태양열을 이용하는 LiCl 수용액 난방시스템 해석

원 승 호*

*건양대학교 기계공학과(shwon@konyang.ac.kr)

Analysis of Thermodynamic Design Data of Double-Effect Absorption System for Heating using LiCl-water for Evaporator Heating Source of Solar Energy

Won, Seung-ho*

*Dept. of Mechanical Engineering, Konyang University(shwon@konyang.ac.kr)

Abstract

In this paper, thermodynamic design data for heating of double-effect absorption system using LiCl-water for evaporator heating source of solar energy are investigated for the water-LiCl pair and a comparative study of the water-LiCl pair with the water-LiBr pair is given used for the computer simulation. The computer simulation is based on mass, material and heat balance equations for each part of the system. Coefficients of performance and flow ratios for effects of different operating temperatures are investigated. It is found that the heating COP is higher for the water-LiCl pair than for the water-LiBr pair, and FR is lower for the water-LiCl pair than for the water LiBr pair.

Keywords : 흡수식 히트펌프(absorption Heat pump), 이중효용(double-effect), 증발기 난방(evaporator heating), 태양열(solar)

기 호 설 명

		h	엔탈피(kJ/kg)
		\dot{m}	질량유동율(kg/sec)
COP	성능계수(·)	P	압력(kPa)
FR	유량비(·)	Q	열량(kW)

T	온도(K 혹은 °C)
X	농도 백분율(%)
η	열교환 유효율

하 첨 자

A	흡수기
C	응축기
E	증발기
G	발생기
GC	제 2발생기
W	작동유체(물)

1. 서 론

흡수식 냉난방시스템은 흡수열을 이용하여 난방과 냉방을 수행하는 시스템으로, 대형 건물에는 대부분 채택되고 있고, 최근에는 중소규모의 건물에도 채택하고 있는 세계적으로 많이 사용되는 냉난방장치이다. 잘 알려진 바와 같이, 압축식 시스템과는 달리 냉난방 장치 자체에는 기계적 구동 장치가 적어서, 소음 및 진동 등이 적으므로, 수명이 길며, 압축식과 같이 냉방기와 보일러를 따로 설치할 필요 없이, 냉난방을 하나의 시스템으로 해결할 수 있다는 장점이 있다.

태양열을 이용한 난방장치에 대한 연구는 기존에 많이 수행되었으나, 집열장치의 크기에 비하여 난방을 하기에 경제적으로 많은 문제가 있었으며, 겨울철에 집열된 태양열 온도가 낮기 때문에 흡수식 난방시스템의 발생기 열원으로 사용하기에는 문제가 있었다. 하지만 흡수식 난방시스템은 여름철에는 냉방시스템으로 사용하여 국가적으로 문제가 되는 여름철 전력사용량을 줄일 수 있어 에너지의 효율적인 사용을 가능하게 하며, 프레온에 의한 환경 오염문제도 거의 없다. 그리고 사용상으로는 내부 작동압력이 대부분 진공 또는 저압상태이기 때문에 상당히

안전한 시스템이라는 장점이 있다.

흡수식 냉난방 시스템의 작동매체에 관하여 LiBr 수용액을 사용하는 시스템에 관한 연구는 1940년대부터 수행되었고, 현재 LiBr 수용액, 암모니아 수용액이 실용화되었으며, 이 작동유체들을 사용한 시스템이 가장 널리 사용되고 있다. 흡수식 히트 펌프 시스템에 관한 연구 중, 중요한 부분 중의 하나가 흡수용액에 관한 것이다. 이에 대해 여러 연구자에 의하여 많은 연구가 실행되고 있다¹⁾²⁾³⁾⁴⁾. LiCl수용액을 적용하는 연구로는 1중효용 냉난방³⁾, 2중효용시스템의 냉방의 특성을 분석한 연구²⁾가 있었고, 기존의 LiBr 수용액과 비교하여 작동온도영역 및 성능계수 등에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 2중효용 냉방시스템의 난방특성을 해석하는데 있어서 발생기 열원인 주 열원으로 가스나 증유, 경유 등을 사용하고, 증발기의 열원으로 태양열을 이용하여 많은 저온의 열원을 이용하도록 하였고, 흡수액은 LiCl 수용액을 사용한, 2중효용 난방시스템의 성능을 분석하고자 하였다. 그리고 성능비교를 위해서 같은 조건에서 기존의 LiBr 수용액을 사용한 이중 효용 냉방시스템에 대한 계산 결과와 비교하였다.

LiCl 수용액의 열성능치에 대하여는 원²⁾, Grover³⁾ 이 사용한 LiCl 수용액의 밀도, 점도, 용해도 등의 물리적 성질과 비열, 혼합열 등을 사용하였다.

2. 작동원리 및 전산시뮬레이션

2중효용 흡수식 냉난방 성능 계산 방법은 원¹⁾,

- 1) 원승호, 에틸렌글리콜 혼합액을 사용하고, 태양열을 보조열원으로 하는 이중효용 흡수식 시스템의 난방특성해석, 태양에너지학회 논문집, 2002, Vol.22, No. 4, pp.51-61
- 2) S. H. Won, and W. Y. Lee, Thermodynamic design data for double-effect absorption heat pump system using water-Lithium Chloride-cooling, Heat Recovery System & CHP, 1991, Vol.11, No.1, pp. 41-48
- 3) G. S. Grover et al., Thermodynamic design data for absorption heat pump systems operating on water-lithium chloride-part one, Cooling, Heat Recovery System & CHP, 1988, Vol.8, No. 1, pp. 33-41.

Won²⁾ 등에 자세히 설명되어 있으며 이에 대한 자세한 시스템 작동 상태도는 그림 1에 나타나 있다. LiCl 수용액과 냉매인 수증기의 방정식 형태는 다음과 같으며 상세한 방정식은 이중 효용 난방 사이클 해석을 수행한 원²⁾의 연구에 나타나 있다. 그리고 LiBr 수용액에 대한 방정식은 ASHRAE handbook⁴⁾의 결과를 사용하였다.

LiCl 수용액의 농도, 온도, 엔탈피 관계식³⁾은

$$X = A + BT_R$$

여기서 $A = 6.9470 + 1.0137 T_s$

$$B = -0.7291 - 2.5195 \times 10^{-3} T_s$$

$$4\% \leq X \leq 51\%$$

$$H = A' + B' T'_s$$

여기서 $A' = 23.5551 - 4.5508X' + 0.1831 X'^2$

$$B' = 4.2356 - 0.03566 X'$$

여기서 T_R 은 냉매인 물의 온도, T_s 는 수용액인 LiCl 수용액의 온도를 나타낸다.

작동온도 영역은 사이클을 구성하기 위하여 온도 변화 조건을 만족하도록 하였고, 각 작동지점에서 시스템은 모두 정상상태로 주어지며, 난방성능을 해석하기 위한 시뮬레이션 수용액의 열역학적 작동 온도 상태는 다음과 같다.

발생기 온도 $T_G = 70 - 120 \text{ }^\circ\text{C}$

응축기 온도 $T_C = 30 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$

증발기 온도 $T_E = 2 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$

흡수기 온도 $T_A = 30 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$

냉매질량유량 0.01kg/sec

용액 열교환기의 효율 0.9

질량유량비 $FR = \frac{m_A}{m_W} = X_G / (X_G - X_A)$

여기서 FR은 냉매 질량유동율에 대한 흡수액 유동율의 비로써, 이 값이 크면 성능대비 흡수액 유동량이 많아진다는 것을 나타낸다. 흡수액 유동량이

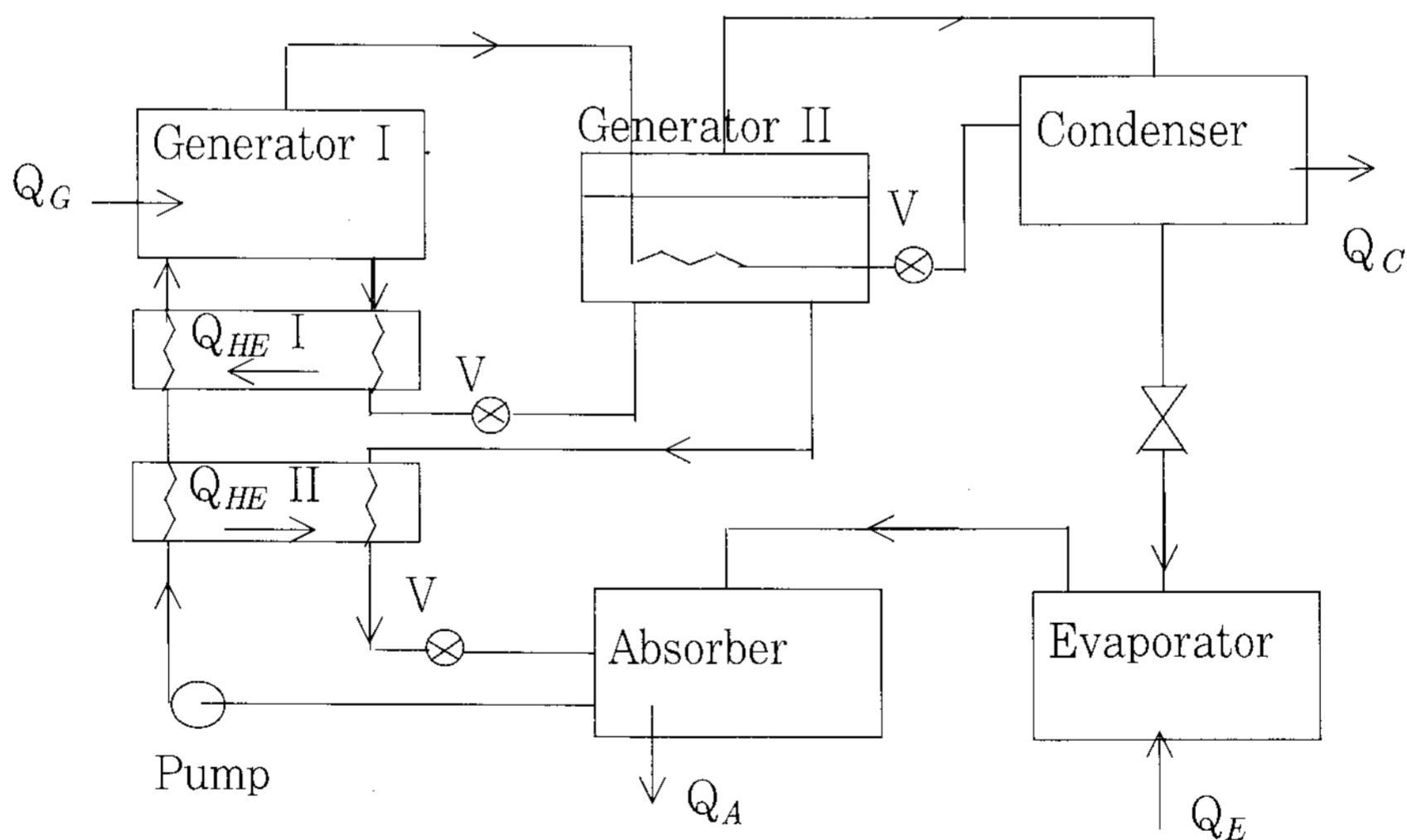


그림 1. 이중효용 흡수식 사이클

커지면 배관의 크기가 커지고 시스템 자체가 커진다는 것을 의미한다. 그래서 성능이 우수하더라도 FR이 너무 크면 사용에 제한이 될 수 있다.

4) K. L. Bowlen, etc., Refrigerant tables and charts, ASHRAE handbook, 1989, pp.17.69-70

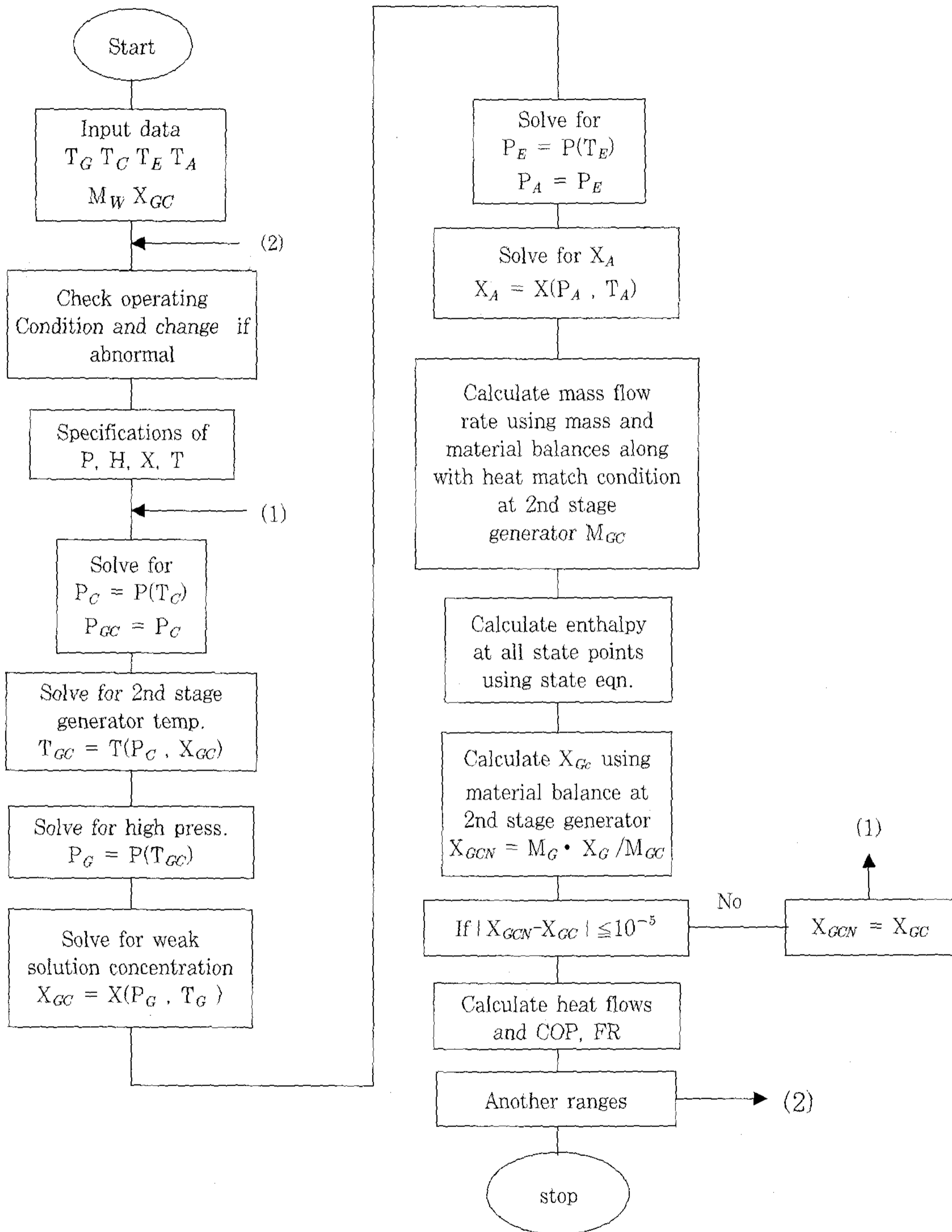


그림 2. 계산 유동도

표 1. 증발기 온도를 변화시켰을 때의 계산결과 비교

T_G	T_C	T_E	T_A	LiBr 수용액					LiCl 수용액				
				COP	X_G	X_{G2}	X_A	FR	COP	X_G	X_{G2}	X_A	FR
80	30	12	30	2.8	49.0	50.5	47.5	16.4	3.0	33.0	40.5	27.7	3.16
90	40	14	30	2.9	48.0	50.2	45.9	11.6	3.1	32.0	41.0	26.1	2.75
90	40	16	30	2.9	47.3	50.8	44.2	5.4	3.1	31.0	42.0	24.5	2.40
90	50	18	30	2.9	44.5	46.9	42.3	10.4	3.2	27.9	35.8	22.9	2.77

전산시뮬레이션 방법은 Kaushik et al⁵⁾, 원¹⁾²⁾ 등의 연구에 설명되어 있으며 계산순서는 그림 2의 계산 유동도에 나타나 있다. 수렴조건은 상대오차를 10^{-5} 으로 하였다.

그리고 발생기의 열원은 유류, 가스 등 이고 태양열을 이용하는 증발기 열원이 공급 열원이 되고 난방에 사용되는 에너지는 흡수열과 응축열이 된다. 따라서 사용되는 성능계수(COP)는

$$COP = \frac{Q_A + Q_C}{Q_G}$$

이다.

3. 계산결과 및 고찰

LiCl 수용액을 사용하는 경우와 기존의 LiBr 수용액을 사용하는 각각의 경우에 대하여 발생기, 흡수기, 응축기 및 증발기의 평형온도를 변화시키고 수용액들의 작동제한 조건¹⁾²⁾³⁾ (결정 석출 등)을 만족하는 온도 상태에 대하여 성적계수, 농용액 농도, 희용액 농도, 질량 유동율 등을 계산하였다.

표 1은 발생기 평형온도가 80, 90℃, 응축기온도를 30, 40, 50℃, 흡수기 온도를 30℃로 하였을 때, 증발기 온도 변화에 따른 계산 값을 비교한 것이다.

성능계수는 LiBr 수용액을 사용하였을 때는 약 2.9정도를 나타내고 있으며 LiCl 수용액을 사용하는 경우는 3.1정도로, LiCl 수용액을 사용하는 경우가 약 7~12%정도 우수하다는 것을 알 수 있었다. 그리고 배관 크기 등을 결정하는 질량 유동율 FR은 LiCl 수용액을 사용하는 시스템이 기존의 LiBr 수용액을 사용하는 시스템에 비하여 작게는 50%에서 80%까지 적어서, 시스템 설계시에는 매우 긍정적이라는 것을 알 수 있었다.

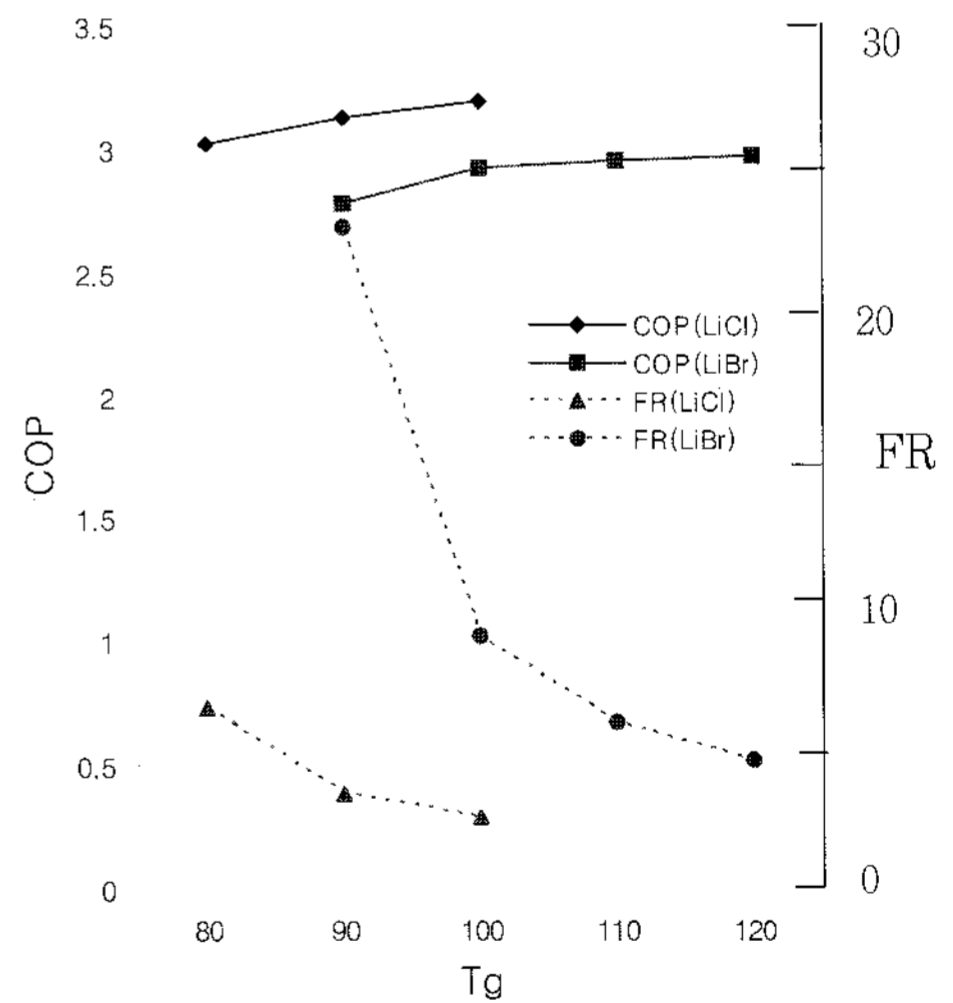


그림 3 $70 \leq T_G \leq 180^\circ\text{C}$, $T_E = 8^\circ\text{C}$, $T_A = 30^\circ\text{C}$, $T_C = 30^\circ\text{C}$ 일 때 COP 및 FR 변화

그림 3은 증발기온도 16℃, 흡수기온도 30℃, 응축기온도 40℃이고, 발생기온도는 70-120℃로 변화시켰을 때의 수치해석 결과이다. 전체적으로,

5) S. C. Kaushik, et al, Computer modeling and parametric study of a double effect generation absorption refrigeration cycle, Energy Convers. Mgmt, 1985, Vol. 25, pp. 9-14.

성적계수는 10%이상 LiCl 수용액을 사용한 시스템이 우수하다는 것을 알 수 있으며, 또한 같은 영역에서의 FR도 기존 LiBr 용액을 사용하는 것 보다 우수하다는 것을 나타내고 있다. 작동온도 영역은 LiCl 수용액을 사용한 것은 낮은 발생기 온도 영역을 나타내고 있어 주로 저온쪽에서 작동하며, 상대적으로 LiBr 수용액은 고온 영역에서 작동한다는 것을 알 수 있었다. 이러한 경향은 전체 작동온도 영역계산에서 거의 공통적으로 나타나고 있다.

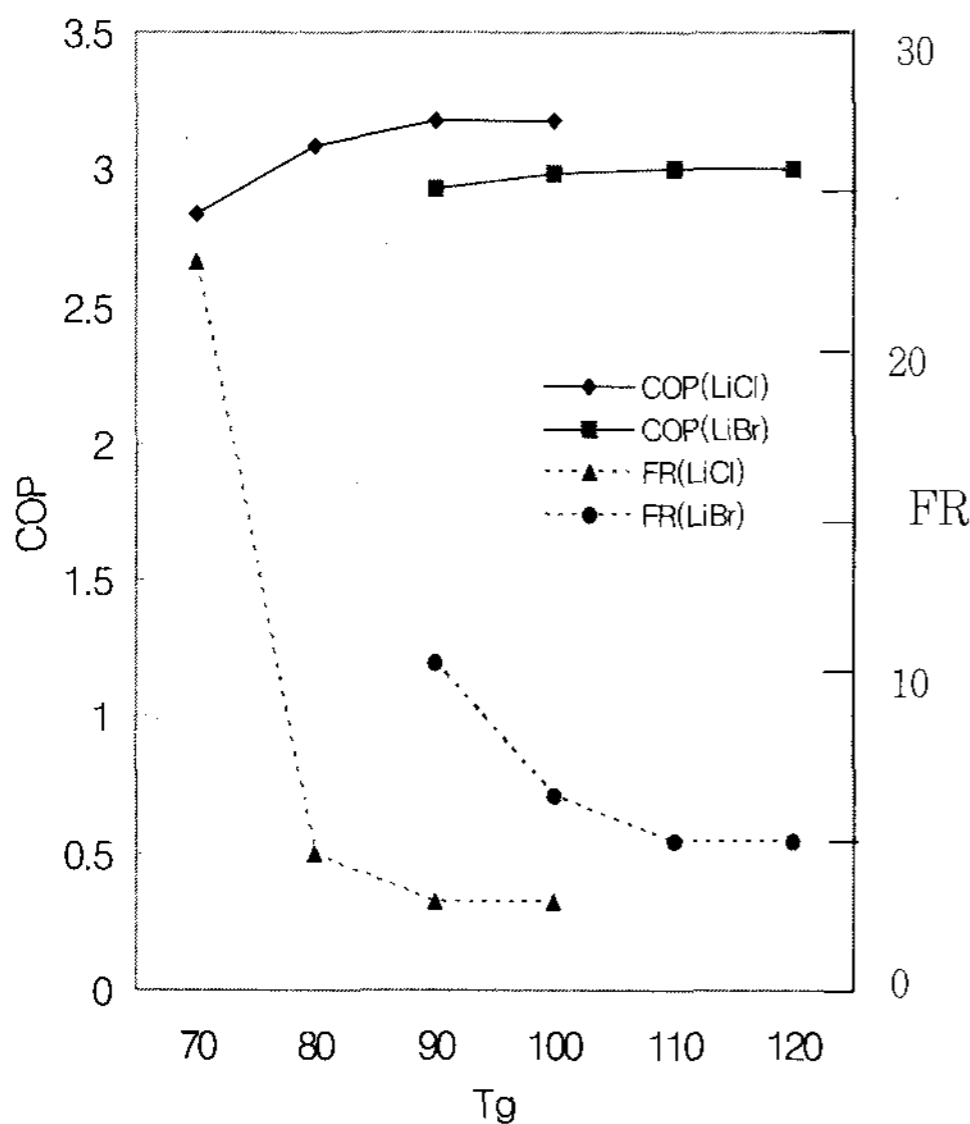


그림 4. $70 \leq T_G \leq 120^\circ\text{C}$, $T_E = 18^\circ\text{C}$, $T_A = 30^\circ\text{C}$, $T_C = 50^\circ\text{C}$ 일 때 COP 및 FR 변화

그림 4는 증발기 온도 18 °C, 흡수기온도 30°C, 응축기 온도 50°C이고, 발생기 온도를 70°C에서 120 °C까지 변화시켰을 때의 수치계산 결과이다. 성적계수는 5%정도 LiCl 수용액을 사용하였을 때가 기존의 LiBr 수용액을 사용한 것보다 우수한 것으로 나타났으며, 이 온도 범위에서의 FR도 LiCl 수용액을 사용하였을 때가 우수하다는 것을 알 수 있었다.

표 2에서의 계산결과를 보면, 작동 온도 영역은

LiCl수용액을 사용한 경우와 LiBr 수용액만을 사용하는 경우와 거의 같으나, 전체적으로 LiCl 수용액은 발생기쪽 온도가 LiBr 수용액을 사용하는 경우보다 저온영역에서 작동한다는 것을 알 수 있었고, 최고 작동온도도 LiCl 수용액을 사용하는 경우나 기존 LiBr 수용액을 사용하는 경우나 모두 비슷하였다. 그리고 배관 크기 등을 결정하는 질량유동율은 LiCl 수용액을 사용하는 경우가 우수하다는 것을 알 수 있었다. 전체적으로 LiCl 수용액을 사용하는 경우의 성적계수가 2.6에서 3.3정도이고 기존의 LiBr수용액을 사용하는 경우는 2.5에서 3.0정도를 나타내고 있어, 전체적으로 5~10 %정도 LiCl 수용액을 사용하는 경우가 높다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

이중효용 흡수식 시스템에 증발기에 태양열을 사용하는 난방시스템에 있어서, LiCl 수용액을 사용한 수용액의 열역학적 성능을 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) LiCl 수용액을 사용하고, 증발 열원으로 태양열을 사용하는 경우의 흡수식 시스템의 난방 가능 온도 영역을 계산하였다.
- 2) LiCl 수용액에 대한 성능해석 결과, 성적계수의 경우는 기존의 LiBr 수용액을 사용하는 경우보다 10%정도 높게 나타나고, 질량유량비는 매우 우수한 경향을 나타내었다. 따라서 흡수식 히트펌프를 이용한 태양열 이용 난방 시스템을 적용하는데 매우 유리하다는 것을 알 수 있었다.
- 3) LiCl을 혼합한 새로운 수용액의 난방 2중효용 작동 온도 범위는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 &70 \leq T_G \leq 120^\circ\text{C} \\
 &30 \leq T_C \leq 50^\circ\text{C} \quad (3) \\
 &2 \leq T_E \leq 30^\circ\text{C} \\
 &30 \leq T_A \leq 50^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

표 2. LiCl 수용액으로 계산된 설계 Data

표 2(계속) LiCl 수용액으로 계산된 설계 Data

T_G	T_C	T_E	T_A	COP	X_G	X_{G2}	X_A	FR	T_{GC}	T_G	T_C	T_E	T_A	COP	X_G	X_{G2}	X_A	FR	T_{GC}
80	30	2	30	2.6	36.4	37.1	35.7	27.3	55.4	100	60	12	30	3.0	29.8	32.2	27.7	7.1	80.0
90	30	2	30	2.8	39.1	43.0	35.7	5.9	61.7	110	60	12	30	3.0	31.8	37.4	27.7	3.8	86.0
100	40	2	30	2.8	38.9	42.3	35.7	6.3	70.7	120	60	12	30	3.0	31.7	41.0	27.7	3.8	93.9
110	50	2	30	2.8	38.4	41.1	35.7	7.6	79.6	110	70	12	30	2.9	28.9	30.3	27.7	11.4	88.9
120	60	2	30	2.8	37.5	39.3	35.7	10.9	88.2	120	70	12	30	3.1	30.9	35.1	27.7	4.7	94.6
80	30	4	30	2.8	35.9	37.6	34.1	10.6	56.0	70	30	14	30	2.9	29.8	34.8	26.0	3.9	53.0
90	30	4	30	2.9	38.5	43.6	34.1	4.5	62.4	80	30	14	30	3.0	32.1	41.4	26.0	2.7	60.0
90	40	4	30	2.8	35.7	37.4	34.1	11.4	65.3	70	40	14	30	2.9	27.3	28.7	26.0	10.8	55.8
100	40	4	30	2.9	38.2	43.0	34.1	4.8	71.4	80	40	14	30	3.0	29.8	34.8	26.0	3.9	62.5
100	50	4	30	2.7	35.3	36.5	34.1	15.2	74.3	90	40	14	30	3.0	31.9	41.0	26.0	2.7	69.2
110	50	4	30	2.9	37.7	41.7	34.1	5.4	80.2	80	50	14	30	2.9	27.2	28.4	26.0	11.9	65.3
120	60	4	30	2.9	36.9	39.9	34.1	6.9	88.9	90	50	14	30	3.0	29.6	34.1	26.0	4.2	71.7
80	30	6	30	2.9	35.2	38.3	32.5	6.6	56.7	100	50	14	30	3.1	31.5	39.9	26.0	2.8	78.2
90	30	6	30	2.9	37.7	44.4	32.5	3.7	63.2	90	60	14	30	2.8	26.8	27.5	26.0	18.6	74.6
90	40	6	30	2.9	35.1	38.0	32.5	6.9	65.9	100	60	14	30	3.0	29.0	32.8	26.0	4.8	80.7
100	40	6	30	2.9	37.5	43.7	32.5	3.9	72.2	110	60	14	30	3.1	30.9	38.1	26.0	3.1	86.9
100	50	6	30	2.9	34.7	37.0	32.5	8.1	75.0	110	70	14	30	3.0	28.3	30.9	26.0	6.4	89.5
110	50	6	30	3.0	36.9	42.4	32.5	4.2	81.0	120	70	14	30	3.1	30.1	35.8	26.0	3.6	95.4
110	60	6	30	2.8	34.0	35.5	32.5	11.7	83.9	70	30	16	30	3.0	29.0	35.6	24.4	3.1	53.9
120	60	6	30	3.0	36.2	40.5	32.5	5.0	89.6	80	30	16	30	3.0	31.1	42.4	24.4	2.3	61.1
70	30	8	30	2.8	31.8	32.8	30.9	17.4	50.8	70	40	16	30	2.9	26.7	29.3	24.4	5.9	56.5
80	30	8	30	2.9	34.6	38.9	30.9	4.8	57.4	80	40	16	30	3.0	29.0	35.6	24.4	3.1	63.3
80	40	8	30	2.8	31.9	32.8	30.9	16.8	60.3	90	40	16	30	3.1	30.9	41.9	24.4	2.4	70.2
90	40	8	30	2.9	34.4	38.6	30.9	4.9	66.6	80	50	16	30	3.0	26.6	29.1	24.4	6.3	66.0
90	50	8	30	2.7	31.6	32.3	30.9	23.4	69.6	90	50	16	30	3.1	28.7	34.9	24.4	3.3	72.6
100	50	8	30	2.9	34.0	37.7	30.9	5.5	75.7	100	50	16	30	3.1	30.6	40.8	24.4	2.5	79.2
110	50	8	30	3.0	36.1	43.1	30.9	3.5	81.8	90	60	16	30	3.0	26.2	28.1	24.4	7.6	75.3
110	60	8	30	2.9	33.3	36.1	30.9	6.9	84.5	100	60	16	30	3.1	28.2	33.5	24.4	3.7	81.5
120	60	8	30	3.0	35.3	41.1	30.9	4.0	90.3	110	60	16	30	3.1	30.0	38.9	24.4	3.7	87.8
120	70	8	30	2.8	32.4	33.9	30.9	11.0	93.2	100	70	16	30	2.9	25.5	26.5	24.4	12.6	84.4
70	30	10	30	2.8	31.2	33.4	29.3	8.1	51.5	110	70	16	30	3.1	27.5	31.5	24.4	4.4	90.3
80	30	10	30	2.9	33.8	39.7	29.3	3.8	58.2	120	70	16	30	3.1	29.1	36.4	24.4	4.4	96.4
80	40	10	30	2.9	31.2	33.4	29.3	8.0	61.0	70	30	18	30	3.0	28.2	36.5	22.8	2.6	54.8
90	40	10	30	2.9	33.6	39.3	29.3	3.9	67.4	80	30	18	30	3.1	30.1	43.4	22.8	2.1	62.2
90	50	10	30	2.9	31.0	32.8	29.3	9.2	70.2	70	40	18	30	3.0	26.0	30.1	22.8	4.1	57.3
100	50	10	30	3.0	33.2	38.3	29.3	4.2	76.4	80	40	18	30	3.1	28.1	36.5	22.8	2.6	64.3
110	50	10	30	3.0	35.2	43.8	29.3	3.0	82.6	90	40	18	30	3.1	29.9	42.9	22.8	2.1	71.4
100	60	10	30	2.8	30.4	31.6	29.3	13.5	79.3	70	50	18	30	2.8	23.4	23.9	22.8	22.8	60.1
110	60	10	30	3.0	32.6	36.7	29.3	4.9	85.2	80	50	18	30	3.0	25.8	29.8	22.8	4.3	66.8
120	60	10	30	3.0	34.5	41.8	29.3	4.9	91.2	90	50	18	30	3.1	27.8	35.7	22.8	2.7	73.5
120	70	10	30	3.0	31.7	34.5	29.3	6.6	93.9	100	50	18	30	3.1	29.2	41.5	22.8	2.7	80.5
70	30	12	30	2.9	30.6	34.0	27.7	5.3	52.2	90	60	18	30	3.1	25.4	28.8	22.8	4.8	76.0
80	30	12	30	2.9	33.0	40.5	27.7	3.1	59.1	100	60	18	30	3.2	27.3	34.3	22.8	2.9	82.4
80	40	12	30	2.9	30.6	34.1	27.7	5.3	61.7	110	60	18	30	3.2	24.1	35.3	22.8	2.9	93.7
90	40	12	30	3.0	32.8	40.1	27.7	3.2	68.3	100	70	18	30	3.1	24.8	27.1	22.8	6.3	85.1
90	50	12	30	2.9	30.3	33.4	27.7	5.7	70.9	110	70	18	30	3.2	26.6	32.2	22.8	3.4	91.2
100	50	12	30	3.0	32.4	39.1	27.7	3.4	77.3	120	70	18	30	3.2	19.6	28.9	22.8	3.4	105.6

표 2(계속) LiCl 수용액으로 계산된 설계 Data

T_G	T_C	T_E	T_A	COP	X_G	X_{G2}	X_A	FR	T_{GC}
70	30	20	30	3.1	27.2	37.5	21.2	2.3	55.9
70	40	20	30	3.1	25.2	30.9	21.2	3.2	58.2
80	40	20	30	3.1	27.1	37.5	21.2	2.3	65.4
70	50	20	30	3.0	22.7	24.5	21.2	7.5	60.8
80	50	20	30	3.1	25.0	30.5	21.2	3.2	67.6
90	50	20	30	3.2	26.8	36.7	21.2	2.3	74.6
80	60	20	30	3.0	22.5	23.9	21.2	9.0	70.4
90	60	20	30	3.2	24.6	29.5	21.2	3.5	76.9
100	60	20	30	3.3	26.4	35.2	21.2	2.5	83.5
90	70	20	30	2.9	21.9	22.6	21.2	16.1	79.7
100	70	20	30	3.2	24.0	27.8	21.2	4.2	85.8
110	70	20	30	3.2	25.7	33.0	21.2	4.2	92.1
120	70	20	30	3.2	13.8	23.1	21.2	4.2	111.2
90	30	10	40	2.6	40.4	41.7	39.2	16.4	60.4
100	40	10	40	2.6	40.1	41.1	39.2	20.7	69.4
90	30	12	40	2.7	39.8	42.3	37.5	8.8	61.0
100	40	12	40	2.7	39.5	41.7	37.5	9.9	70.0
110	50	12	40	2.7	39.0	40.5	37.5	13.4	78.9
90	30	14	40	2.7	39.2	42.9	35.8	6.0	61.7
100	40	14	40	2.8	38.9	42.3	35.8	6.5	70.7
110	50	14	40	2.8	38.3	41.1	35.8	7.8	79.5
120	60	14	40	2.7	37.5	39.3	35.8	11.4	88.2
80	30	16	40	2.7	35.8	37.6	34.2	10.9	56.0
90	30	16	40	2.8	38.5	43.6	34.2	4.6	62.4
90	40	16	40	2.7	35.7	37.3	34.2	11.7	65.3
100	40	16	40	2.8	38.2	43.0	34.2	4.8	71.4
100	50	16	40	2.7	35.3	36.5	34.2	15.9	74.3
110	50	16	40	2.8	37.6	41.7	34.2	5.5	80.2
120	60	16	40	2.8	36.9	39.8	34.2	7.0	88.9
80	30	18	40	2.8	35.2	38.2	32.5	6.6	56.7
90	30	18	40	2.8	37.7	44.3	32.5	3.7	63.2
90	40	18	40	2.8	35.1	38.0	32.5	6.9	65.9
100	40	18	40	2.8	37.4	43.7	32.5	3.9	72.2
100	50	18	40	2.8	34.7	37.0	32.5	8.1	75.0
110	50	18	40	2.9	36.9	42.4	32.5	4.3	81.0
110	60	18	40	2.8	34.0	35.5	32.5	11.8	83.9
120	60	18	40	2.9	36.1	40.5	32.5	5.1	89.6
70	30	20	40	2.7	31.8	32.8	30.9	17.1	50.8
80	30	20	40	2.8	34.5	38.9	30.9	4.8	57.4
80	40	20	40	2.7	31.8	32.8	30.9	16.5	60.3
90	40	20	40	2.9	34.4	38.6	30.9	4.9	66.7
90	50	20	40	2.7	31.6	32.3	30.9	22.7	69.6
100	50	20	40	2.9	34.0	37.7	30.9	5.5	75.7
110	50	20	40	2.9	36.1	43.1	30.9	3.5	81.8
110	60	20	40	2.9	33.3	36.1	30.9	6.8	84.5
120	60	20	40	2.9	35.3	41.1	30.9	4.0	90.3
120	70	20	40	2.8	32.4	34.0	30.9	10.9	93.2

참 고 문 헌

1. G. C. Vliet, et al., Water-lithium bromide double-effect absorption cooling cycle analysis, ASHRAE Trans., 1982, Vol. 88, No.1, pp. 811-823
2. 원승호 외, 흡수액으로 에틸렌 글리콜이 혼합되고 태양열을 이용한 이중효용 흡수식 시스템의 냉방 특성해석, 한국태양에너지학회 논문집, 2003, Vol. 23, No. 4, pp.45 - 54
3. F. A. Holland, etc, Thermodynamic design data for absorption heat pump systems operating on water lithium chloride - part one. cooling, J. Heat Recovery systems & CHP, 1988, Vol. 8, No.1, pp. 33-41
4. S. H. Won, etc, Thermodynamic design data for double-effect absorption heat pump systems using water - lithium chloride - cooling, 1991, Heat Recovery Systems & CHP, Vol.11, No. 1, pp.41 - 48
5. S. H. Won, etc, Vapor pressures of water + LiCl + Ethylene Glycol and water + LiBr + Ethylene Glycol, J. of Chemical & Engineering Data, 1995, Vol. 40, No. 2, pp.496-498
6. R. Best, W. Rivera, and A. Oskam, Thermodynamic Design Data for absorption heat pump systems operating on water - carrol. part I: cooling, Heat Recovery System & CHP, 1995, Vol.15, No.5, pp.426 - 434
7. R. Best, W. Rivera, and A. Oskam, Thermodynamic Design Data for absorption heat pump systems operating on water - carrol. part II: heating, Heat Recovery System & CHP, 1995, Vol.15, No.5, pp.435 - 444