

《轉 載》

冷凍工學에 있어서의 電子計算機의 應用

Die Anwendung Elektronischer Rechenanlagen in der Kältetechnik

Kältetechnik-Klimatisierung, Band 23 Heft 1-Januar 1971

Dipl.-Ing. W. Scholten

閔 滿 基 譯

Farbwerke Hoechst 株式會社は 冷媒 11, 12, 13, 및 13B1의 熱力學的 狀態量(Thermodynamic Properties)을 決定하는 컴퓨터 프로그래밍을 可能케 하였다. 이들 프로그래밍은 冷凍計算의 體系안에서 서브루틴으로써 使用될 수 있다.

電子計算機의 長點은 明白하다. 操作이 簡單하고 計算時間이 짧으며 또 結果가 信賴性이 있다는 것 등이 科學者 또는 工學者가 하는 日常作業을 根本的으로 容易하게 만드는 그러한 特徵을 露顯한다.

自然科學分野用으로 만들어진 現代의인 프로그래밍 言語도 똑같이 컴퓨터의 使用을 促進하고 있다.

하지만 그간에 많은 使用者들이 同時에 그리고 短時間에 必要로 하는 計算所가 到處에 생기고 있으므로 컴퓨터를 固定的으로 要하지 않는 商社에서도 자기들의 計算을 迅速하게 遂行할 수 있게 되었다.

컴퓨터는 科學과 工學의 모든 分野에서 要求되고 있다. 여기서는 冷凍工學의 컴퓨터 使用을 論議해 보고자 한다.

컴퓨터의 使用條件

電子計算機는 冷凍工學問題의 計算上의 活用に 있어서 여러가지 長點을 나타내고 있다. 그럼에도 불구하고 모든 새로운 問題에 앞서서 컴퓨터 使用의 價値與否를 檢討해야만 한다.

原來 단 한번만 하게되는 計算은 모두 除外된다. 컴퓨터는 實際의 計算作業에 앞서서 프로그래밍이 되어야 한다. 즉 懸案의 內容이 어느 特定한 數 또는 入力值로 計算할 수 있기 前에 먼저 一般的인 形으로 熟考되어야 하고 또 그렇게 써내려 가야 한다.

그러므로 이 作業은 여러번 반복수행되어야만 한다. 다음으로 普通的이고 보다 많은 綿密性과 思考活動을 가진 프로그래밍과정이 必要하게 된다. 龐大한 計算에서는 이러한 프로그래밍은 또 誤謬를 檢査하지 않으면 안된다.

이런 온갖 努力의 消耗는 나중에 나오는 結果와는 決코 비길 바가 못된다. 그럼에도 불구하고 무엇보다도 참작되고 있는 것은 실제적으로 컴퓨터의 長점이 오직 짧은 계산시간에 있다는 것이다.

熟練된 사람이면 실제적으로 時間을 別로 消耗하지 않고 이 唯一한 問題를 解決할 수 있다. 따라서 컴퓨터

의 適應을 뜻있게 하기 爲해서 問題는 흔히 똑같거나 유사한 모양으로 나타내어야 한다. 그리고 나서 비로소 프로그래밍, 檢査 및 計算에 드는 費用이 價値가 있게 되는 것이다.

그렇다고는 하지만 電子計算機의 여러 長點은 價値를 充分히 發揮한다. 即 짧은 計算時間(높은 計算速度)과 信賴性있는(正確한) 結果等이다. 다음에 오는 것은 (萬一 현재 프로그램이 있다면) 計算作業을 遂行하기 爲해서 特殊知識을 가진 熟練家가 全然必要하지 않다는 것이다. 正確하게 作成되는 프로그램에는 무엇보다도 計算을 爲해 없어서는 안될 入力值에 對한 正確한 指示가 또한 必要하다. 이것이 있을 때는 이 값을 公式中의 올바른 곳에 넣는 熟練된 사람이 必要하다. 하지만 그러기 爲한 專門知識은 全然 必要없다는 것은 疑心할 바가 없다. (어떻든 컴퓨터에서의 計算遂行을 爲해서 大部分의 訓練받은 適合한 사람들은 自由스러운 處地에 놓여 있다. 그러나 이러한 共同協助員들의 訓練은 컴퓨터의 操作과 密接한 關係를 갖고 있지 當面한 計算問題의 自然科學的인 基礎에는 아무런 聯關을 갖지 않는다).

熟練된 사람은 그밖의 問題를 풀거나 取扱하는데 있어서 他入의 힘을 빌리지 않고 자기 스스로 行한다. 그는 正確하게 計算하는 作業에 매우 貴重한 時間을 더 消費해서는 안된다.

따라서 電子計算機는 專門家를 熟練作業으로부터 解放하고 펼쳐진 勞動市場을 考慮해서 어느 것이 뜻이 더 重要한가 하는 더 重要한 問題에 自己들의 作業能力을 쏟아 넣는 可能性을 提供해 주고 있다.

冷凍工學을 爲한 計算프로그래밍

文獻 가운데 특히 外國의 文獻가운데에는 어느 形態로는 冷凍工學 問題와 關係가 있는 프로그램이 이미 많이 發表되어 있다.

그렇다고는 하지만 大部分의 경우 어느 特定問題가 다루어지고 있다. 현재의 取扱 方式과는 다른 方式에

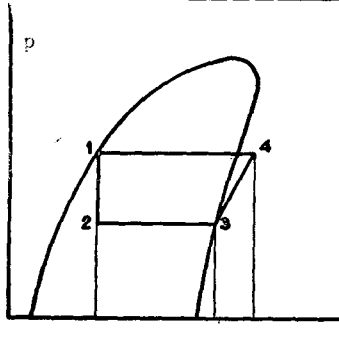


그림 1. 壓縮冷凍裝置內의 冷媒가 거치는 循環過程(概略圖)

이들 프로그램이 適用되지 않는다. (1), (2) 예컨대 (1)에 준비된 것과는 다른 冷媒가 使用했다면 이 프로그램은 더 이상 使用할 수 없는 것이다. 한편 이것이 冷媒와는 獨立이라는 文章(statement)을 가지고 있다면 이 부분은 萬能用途(universal application)에 適合한 것이다.

原則的으로 말하면 壓縮冷凍 사이클을 일반적인 형으로 記述한다는 것은 可能하다. 그림 1은 循環過程을 概略圖로 나타 낸 것이다. 그것은 무엇보다도 使用 冷媒와 獨立이다. 나타나는 熱流動과 壓縮機出力은 잘 알려진 關係로부터 나온다.

蒸發器 出力 $\dot{Q}_0 = (h_3 - h_2)m$

凝縮器 出力 $\dot{Q}_c = (h_4 - h_1)m$

壓縮機 出力 $\dot{L} = (h_4 - h_3)m$

이들 文章을 가지고 主프로그램이 만들어지는데 이것은 무엇보다도 凝縮溫도와 蒸發溫도에 關한 文章단을 必要로 한다(3). 이 프로그램 안에서 지금 定해진 冷媒에 關聯된 部分프로그램을 불러낸다(4).

그와 같은 部分프로그램은 그밖에 適用하는 境過에도 變更하지 않은 채 使用할 수 있다.

例로서 여기에 二元 冷凍裝置의 最適條件(optimization)에 대해서 Auracher(5)가 이것을 如何히 解析하였는 가를 言及해야 되겠다. 必要 不可缺한 最適條件의 基準은 冷媒의 性質과는 關係없이 프로그래밍된다. 이 프로그램에서는 相應하는 곳에서 冷媒의 顯하는 狀態量을 가진 部分프로그램을 부른다.

그러한 應用 케이스 그리고 이와 類似한 應用케이스를 爲해서 Farbwerke Hoechst 株式會社는 R Frigen-Rechen Programm(프레온제산 프로그램)을 만들었다(4). 이것은 프레온11, 프레온12, 프레온13, 및 프레온 13B1의 狀態量을 包含하고 있다. 追加的으로 그 안에는 工學的인 質量系로 計算할 것인가 또는 SI系로 計算할 것인가의 可能性도 提示하고 있다.

이런 프로그램을 爲해서 熱的 그리고 熱量的인 函數

® Farbwerke Hoechst株式會社의 登錄商標

方程式이 必要하다. 必要한 것은

1. 蒸氣壓 曲線式 $p=p(t)$
2. 沸騰하는 液體의 密度에 對한 式 $\rho'=\rho'(t)$
3. 熱的인 狀態式 $p=p(v,t)$
4. 理想氣體 狀態에서(壓力 $p=0$ 때)의 比熱에 對한

式 $C_p^p=C_p(t)_{p=0}$

이러한 文章과 잘 알려진 蒸發엔탈피, 엔탈피와 엔트로피에 對한 熱力學的인 關係를 가지고 다음의 狀態量이 決定된다.

蒸氣壓, 飽和液體와 飽和蒸氣의 比體積, 飽和液體와 飽和蒸氣의 密度, 飽和液體와 飽和蒸氣의 엔탈피, 蒸發엔탈피, 飽和液體와 飽和蒸氣의 엔트로피, 마찬가지로 過熱領域에서 相應되는 文章들.

Rombusch와 Giesen의 式은 R 프레온計算프로그램의 基礎를 두고 있다(6), (7).

현재의 프로그램은 Fortran IV로 쓰여지고 있으며 相應하는 콤파일러(compiler)를 가지고 모든 計算機에 活用될 수 있다. 空間의 需要는 10K 以上에 이르고 있다.

特定 狀態點의 計算을 爲한 前提는 생각할 만큼 價値가 없다. 濕蒸氣 領域에서는 溫度의 文章이 必要하다. 한편 過熱領域에서는 追加로 壓力에 對한 文章이 必要하다.

그 프로그램은 $p \leq p_k$ 그리고 $t < 250^\circ\text{C}$ 의 範圍에서 試圖되었다. 얻을 수 있는 正確度는 (6), (7)에 나오는 Rombusch 또는 Rombusch와 Giesen의 文章과 一致한다.

狀態式들

熱的인 狀態量과 熱量的인 狀態量에 對하여 數 많은 形의 式들이 提議되었다. 蒸氣壓, 蒸發密度와 比 熱容量等에 對한 式들은 아무런 困難이 없는 反面에 熱的인 狀態式의 프로그램은 未解決이다.

冷凍機의 測定에 있어서는 蒸發器와 凝縮機內의 溫度로부터 出發한다. 그러나 그와 동시에 裝置內의 壓力도 固定된다. 附隨的으로 求해지는 것은 比體積 v 이다. 狀態式을 v 의 項으로 implicit하게 세운다. 먼저 주어진 壓力과 既知의 溫度로서 求하는 데는 따라서 逐次法이 必要하게 된다.

이러한 境遇에 뉴우톤의 近似方法이나 階段等分方法이 價値를 나타내었다. 좀 더 觀察하게 되면 方程式들은 것처럼 세워졌다는 結果고 曲線의 進行은 多項式에 依해서 表示되는 結果가 된다. 없어서는 안될 係數들은 求積法으로 定해졌다. 以前의 方程式들은 마음대로 쓰기에 是 費用問題때문에 아주 單純하게 세워졌으나 그 代身에 精密度가 比較的 적었다.

電子計算機의 出現과 더불어 비로소 精密度가 높아졌고 그럼에도 불구하고 比較的 적은 測定值들만으로 충족시킬 수 있었다.

Riedel⁽⁹⁾에 의한 van-der-Waals狀態式의 擴張을 爲한 基礎的인 熟考와 그가 發見한 各成分과 關聯을 가진 量들은 相應하는 狀態들의 法則에 關하여 더 많은 作業을 하게했다. 그런 作業은 例컨대 Rombusch⁽¹⁰⁾, Morsey⁽¹¹⁾ 그리고 Löffler⁽¹²⁾들에 의하여 遂行되었다.

이 式들은 적은 測定值를 가지고 매우 확실한 狀態式을 세울 수 있게 하고 있다. Morsy^{(13), (14)}는 擴張된 狀態式의 係數들이 Benedict, Webb, 그리고 Rubin등에 따라서 決定되는 方式를 보여주고 있다.

物質의 性質

지금까지 取扱된 蒸氣의 狀態量 以外에도 液體와 氣體의 다른 性質들을 記述하는 一聯의 프로그램이 이미 存在한다.

不幸하게도 이들 프로그램 例컨대⁽¹⁵⁾ 및⁽¹⁶⁾은 主로 炭化水素와 그 混合物들을 말하는 것이고 冷媒를 말하는 것이 아니다. 여기에 根本的인 作業을 爲한 廣範圍한 分野가 아직도 相當하게 使用되지 않은 채 놓여 있다.

粘性, 熱傳導率, 比熱等에 對한 直接的인 文章이 熱交換器의 測定을 爲하여 반듯이 必要한 것이다.

構成部分의 測定에 對한 프로그램

한편 特別한 視點에서 個別的인 構成部分을 測定하는 問題에 더 많은 注意가 表示되었다. 그래서 熱交換器를 爲한 最適法의 프로그램을 Wenning⁽¹⁷⁾이 만들었다.

蒸氣 流動管의 測定用 프로그램에 對해서 Wills⁽¹⁸⁾가 報告하였다. Birdwell과 Shull⁽¹⁹⁾은 컴퓨터에 依해서 配管의 規格을 쓰게 하였고 反面에 Simon과 Whelan⁽²⁰⁾은 安全밸브를 컴퓨터로 選擇하게끔 하였다.

이러한 프로그램 그리고 비슷한 프로그램들이 이미 雜多하게 많이 存在해 있다. 여기에 引用된 文獻은 따라서 한 例로서 活用될 따름이다. 完全한 目錄을 作成할 수만 있는 경우에는 이러한 용이하지 않은 범위가 잡혀질 것이다.

그렇다 하더라도 이러한 列擧를 다만 얼마만큼이나 完全하게 形成한다는 것이 많은 出版의 數에문에만 곤란한 것은 아니다. 다음에는 아마도 점차 더 많아져 가는 多數의 프로그램이 全然 出版되어 있지 않다는 것이다. 많은 境遇에 있어서 競爭을 빚들었게 만들지는 않을 것이다. 그러나 프로그램은 또한 실제적으로 効用性을 갖는 製作者를 위해서만 여러가지가 存在하고 있다.

지금까지 記述한 電子計算機의 應用은 冷凍工學의 領域에서 처음 始作된 것을 나타낸 것이다. 特別히 基本的인 分野에 對한 可一層의 努力 例컨대 物質의 性質에 對한 것이나 또 暖房 및 冷房負荷의 算定에 對한 可一層의 努力이 컴퓨터의 長點을 有用하게 살리기 爲해서 必要한 것이다.

文 獻

- (1) J.A. Schofield: Computer Calculation of the Theoretical Performance Properties of Fluorocarbon Refrigerants; ASHR AE-Semiannual Meeting, San Francisco, Jan. 1970.
- (2) L.M. Rozenfeeld u.I.D. Vorobev: Die Berechnung von direkten thermodynamischen R12-Kreislaufen unter Benutzung von digitalen Computern(russ.); Teploenergetika 16(1969) H. 2, S. 59/62.
- (3) 4. Frigen-Forum: Das FRIGEN-Rechenprogramm der Farbwerke Hoechst AG; Frankfurt, 6. 11. 1970
- (4) Frigen-Information: Das FRIGEN-Rechenprogramm; Farbwerke Hoechst AG, 6230 Frankfurt/M.80, Frigen-Informationensdienst, 1970.
- (5) H. Auracher: Die thermodynamische Optimierung einer Verdampfungskälteanlage in Kaskadenschaltung mit Hilfe von Exergiediagrammen; Kältetechnik-Klimatisierung 22(1970) H. 9, S. 295/302.
- (6) U.K. Rombusch u. H. Giesen: Neue Mollier-i, lg p-Diagramme für die Kältemittel R11, R12, R13, und R21; Kältetechnik-Klimatisierung 18(1966), H. 2, S. 37/40.
- (7) U.K. Rombusch; Ein Mollier-i, lg p-Diagramm für Trifluoromonobrommethan(R13 B 1); Kältetechnik 16(1964) H. 3, S. 69/76.
- (8) R. Zurmühl: Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker; 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1961
- (9) L. Riedel: a. Untersuchung über eine Erweiterung des Theorems der übereinstimmenden Zustände. I. Eine neue universelle Dampfdruckformel; Chem.-Ing.-Techn. 26(1954) S. 83/89. II. Die Flüssigkeitsdichte im Sättigungszustand; Chem.-Ing.-Techn. 26(1954) S. 259/264. III. Kritischer Koeffizient, Dichte des gestättigten Dampfes und Verdampfungswärme; Chem.-Ing.-Techn. 26(1934) S. 679/683. IV. Kompressibilität, Oberflächenspannung und Wärmeleitfähigkeit im flüssigen Zustand; Chem.-Ing. Techn. 27(1955) s. 209/213 V. Die Bestimmung unbekannter kritischer Daten von nicht assoziierenden Stoffen; Chem.-Ing.-Techn. 27(1955) s. 475/480 VI. Die Zustandsfunktion des realen Gases; Chem.-Ing.-Techn 28(1956) S. 557/562. b. Die Berechnung unbekannter thermischer Daten mit Hilfe des erweiterten Korrespondenzprinzips; Kältetechnik 9(1957) s. 127/134.
- (10) U. K. Rombusch: Ein erweitertes Korrespondenzprinzip zur Bestimmung von Zustandsgrößen; Allgemeine Wärmetechnik 11(1962/63), s. 41/50, s. 133/145.
- (11) T.E. Morsy: Zum thermischen und kalorischen Verhalten realer fluider stoffe; Fortschrittsbericht VDI-Z. Nr. 3, 196, s. 18.
- (12) H.J. Löffler: Eine Ergänzung zum erweiterten Korrespondenzprinzip für Kältemittel; Kältetechnik-Klimatisierung 20 (1968) H. 3, s. 72/77.
- (13) T.E. Morsy: Bestimmung der Koeffizienten der erweiterten Zustandgleichung von Benedict, Webb und Rubin(EBWR) für reine fluide Stoffe; IBM-Form 80 646-0.
- (14) T.E. Morsy: Berechnung der Dampf tafel reiner fluider St.

- offe mit Hilfe der erweiterten Zustandsgleichung von Benedict, Webb und Rubin; IBM-Form 80 647-0.
- (15) H.E. Bailey: Programms for Computing Equilibrium Thermodynamic Properties of Gases; NASA Technical Note, NASA TN D-3921.
- (16) D.W. Johnsons u C.Ph. Colver: Mixture Properties by Computer; *Hydrocarbon Processing* 47(1968) H. 12, s. 79/83. *Hydrocarbon Processing* 48 (1969) H. 1, s. 127/133, *Hydrocarbon Processing* 48(1969) H. 3, s. 113/122.
- (17) Wennig: Optimale anlegung von Rohrbündel Wärmeaustauschern mit Digitalrechnern; Arbeitstagung "Datenverarbeitung" in der Klima-und Versorgungstechnik", Ingenieurshule Gießen, 4. 3. 1970
- (18) J.S. Wills: Size Vapor Piping by Computer, *Hydrocarbon Processing*(1970), May, s. 149/155.
- (19) J.R. Birdwell u. W.W. Shull: Computers Write Our Piping Specs; *Hydrocarbon Processing*(1970), Aug., s. 103/106.
- (20) H. Simon u. T.H. Whelan: Use Computer to Select Optimum Control Value; *Hydrocarbon Processing*(1970), July, s. 103/106.



創 刊

鄭 熱 機 器 研 究 所

서울 西大門區 南加左洞 302-128

TEL 33-8351~9 # 180

鄭 慶 永