

可程式邏輯控制器於水簾式 畜舍環控管理之研究

黃裕益⁽¹⁾ 謝廣文⁽¹⁾ 鄭俊哲⁽²⁾

收件日期：89 年 11 月 3 日；接受日期：89 年 11 月 30 日

摘 要

近來隨著畜牧自動化的發展，畜舍環境控制與管理上，已應用到可程式邏輯控制器 (PLC)，尤其在畜牧業者漸接受密閉式水簾畜舍的趨勢下，利用 PLC 進行密閉式水簾式畜舍的管理更顯得重要。本研究利用三菱 FX2N PLC，以水簾式畜舍為對象進行環境控制策略的設計，透過撰寫於 PLC 內的程式自動控制畜舍內水簾與風扇，以調節通風量進行室內溫度的管理。

此外，透過物件導向程式語言 Microsoft Visual Basic 6.0 撰寫圖形監控程式，藉由個人電腦與 PLC 的結合，建立電腦圖形介面取代傳統的控制面板，提供畜舍內各元件的控制、溫度的監視及環境資料之收集，並透過資料庫之資料計算畜舍內熱量之主要來源，進行畜舍內通風量之自動調整。

本研究建立之圖形監控程式以模型畜舍進行試驗，能準確的控制模型畜舍內各個元件的開啟與關閉，並依溫度需求自行控制風扇之啟動，或是利用資料庫計算啟動之風扇數目，調整通風量帶走畜舍內產生的熱量，經本研究之結果顯示，利用 PLC 搭配圖控程式應用於畜舍環境監控上為一可行之方法。

關鍵詞：畜舍、環控管理、可程式邏輯控制器、圖形監控。

緒 言

目前畜牧業面臨農村人口老化，經濟型態轉變等因素之影響，年輕的農村子弟缺乏投身傳統畜牧業之意願，故如何改善現有畜舍環境，改變一般人對畜舍的印象，為畜牧自動化之重要課題。近年來，密閉式水簾畜舍已逐漸運用在養雞上，而在豬隻的飼養上，也有業者利用傳統開放式畜舍加裝帆布、水簾及風扇改裝成密閉式水簾豬舍，以飼養種豬及待孕母豬，並利用繼電器、按鈕開關、電磁開關、計時器、計數器及相關感測元件組成簡易自動化環境控制裝置，進行豬舍內順序控制與自動化管理作業。

隨著半導體技術的進步，大型自動化機械廠商如 MITSUBISHI、OMRON 等，發展出可程式

(1) 國立中興大學農業機械工程學系。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所畜牧場。

邏輯控制器(Programmable Logic Controller, PLC)，以克服傳統繼電器等控制設備空間龐大及線路維修不易之困境，利用PLC內部程式易於書寫、修改、檢修及維護，同時體積小、執行速度快、可靠性高、適合在惡劣的工作環境下操作，及能與個人電腦連線等優點(侯及蔡，1999)，因而廣泛應用於工業之生產機械，如輸送機、包裝機、自動倉儲、立體停車場、鐵路號誌及地下鐵等(廖及周，1998)。基於上述背景，本研究配合PLC規劃不同氣候條件之控制策略，將控制策略繪製成階梯圖書寫程式，將程式輸入至PLC記憶體內後，啟動程式可利用PLC自動管理畜舍內之環境，取代傳統人力的管理方式。

一般PLC的操作介面為傳統控制面板，伴隨電腦硬體技術進步及電腦普及率提高的現況下，利用個人電腦強大的運算功能，建立電腦與PLC結合的視窗圖形介面監控程式，應用於畜舍環境控制方面上，可使畜舍管理者更加容易監控整個畜舍內的環境狀況。本研究以 Microsoft Visual Basic 6.0 程式語言為基礎，撰寫電腦圖控程式，透過 RS-232 通訊介面，傳送訊號給畜舍內 PLC，以控制 PLC 所銜接之元件，藉 PLC 與電腦之結合，改善傳統 PLC 控制面板的操作方式，以增加密閉式水簾畜舍環境控制的便利性，減輕管理人員的負擔，營造一個舒適的工作環境及管理方式，達到畜牧自動化之需求。

材料與方法

I. 材料

(i) PLC 控制箱：內配有三菱火狐狸 FX2N PLC 及附屬零件。

1. Mitsubishi FX2N-32MR，可程式邏輯控制器，有 16 個輸入，16 個輸出。
2. FX0N-8EX-ES，PLC 外掛模組，有 8 個輸入。
3. FX2N-4AD-PT，PLC 外掛模組，共用 8 個輸出入，含 PT 100 溫度感測介面。
4. 信號轉換線，為 FX2N 專用信號轉接線，可將 FX2N-32MR 上頭內建的 RS-422 信號介面經轉接線轉成 RS-232 信號傳送至電腦主機 RS-232 序列介面(com 1 or com 2)端。
5. 其他零件，包含無熔絲開關、變壓器、繼電器等。

(ii) 模型畜舍

台灣地區爆發豬隻口蹄疫事件後，一般業者並不願意外界人士進入其畜舍內，合適的試驗場地不易尋找，此外安裝 PLC 等設備需更改原有畜舍之電路架構，故本研究以種畜場之密閉式水簾豬舍為模擬對象，建立一模型畜舍，方便試驗之進行。模型畜舍長 120 cm、寬 60 cm、高 130 cm，由鋁材所構成，外表覆以透明壓克力，內部兩側共分隔成 6 欄，中間設一走道，一端山牆面裝置有 10 cm 厚水簾，另一端山牆面則裝有四組風扇，畜舍中央上方設有一擾流板，並裝置兩組溫度感測元件，畜舍兩側為捲動式帆布，如圖 1 所示。

1. 水簾：蜂巢式水簾，高 20 cm、寬 53 cm、厚 10 cm，白楊木纖維製剛性水簾。
2. 抽風扇：型號為 YS-121 AH 型，規格為 115 V, 0.18 A, 50/60 Hz，外側附有喇叭型導流筒。
3. 溫度感測元件：PT 100，量測範圍為 0 ~ 100 °C。

II. 方法

(i) 畜舍 PLC 控制回路之建立

設計 PLC 回路時，首須規劃整體的主電路架構，繪出控制電路圖，確認所需之使用材料，規劃動作順序，設定 PLC 端所使用之輸入、輸出點後，設計階梯圖，依照階梯圖上之符號規範對應之程式指令，最後將 PLC 端接點與控制元件連接，完成 PLC 控制回路之設計。

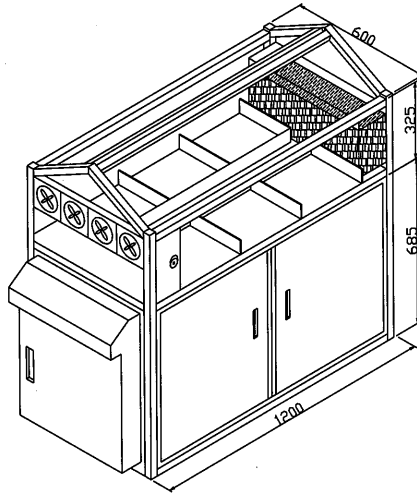


圖 1. 試驗用畜舍模型立體圖。

Fig. 1. Diagram of livestock building model for experiment.

本研究使用之三菱火狐狸FX2N-32MR PLC輸入接點僅有16個，不足整個控制模式所需，故另加掛一個FX0N-8EX-ES，以8個輸入接點之延伸模組補足輸入點數，並利用一個FX2N-4AD-PT的PT 100感測模組進行溫度之感測。

PLC之程式指令書寫可透過專屬書寫器FX-20P或透過架構於微軟視窗上的SWOPC-FXGP/WIN軟體來輸入，並傳送至PLC記憶體內部，完成程式指令的輸入作業。

在畜舍環境控制條件方面，規劃兩種不同的自動控制模式，一為夏季之氣候環境，一為冬季之氣候環境。夏季與冬季之控制流程大致類似，皆規劃數階段的風扇控制模式，利用啟動不同風扇數量產生不同通風量，以調節畜舍內的熱環境狀態。夏季因舍內空氣悶熱，外界溫度過高，自然通風或強制通風無法達到降溫的要求時，下降帆布同時啟動水簾、風扇進行水簾降溫。冬天則因氣候寒冷，帆布下降進行保暖，而當舍內溫度略高，或需行最小換氣來保持舍內空氣新鮮度時，則啟動風扇進行少量通風作業。

試驗中PLC的信號輸出並非直接送出到所欲控制的元件上，而是先行送到繼電器(Relay)，透過繼電器再將信號送出給所欲控制的元件，以避免PLC送出的信號過於微弱而無法正確的驅動元件，或因元件不當的短路而危及PLC的精密電路。

(ii) 圖控程式之建立

圖控經由圖形物件介面達到控制的效果，本研究運用Microsoft Visual Basic 6.0語言程式建立圖形監控之人機介面，透過語言程式中RS-232通訊介面模組支援，傳遞訊號給PLC，再經由PLC控制元件之作動。

1. 圖控程式表單之建立

在Visual Basic語言程式撰寫部分，需先建立一專案(.vbp)及所需要之表單(.frm)、模組(.bas)，表單上放置各種所需物件後，設定各物件之屬性及物件程式碼。完成上述程式後即可進行編譯，將程式碼編譯成可執行檔，便完成一個物件導向之圖控程式(王，1999)。

2. 圖控程式與PLC之訊號通訊

電腦與可程式邏輯控制器間的資料傳輸，主要依賴兩層通訊協定(protocol)以進行資

料的傳遞。第一層為硬體層級的通訊協定，其制訂通訊雙方電氣信號、準位、接線規則及字元資料包封格式的規範，如常用的 RS-232、RS-422、RS-485 等通訊介面規範。第二層為字串傳送層級的通訊協定，其制訂字串的編碼後傳送予對方解讀(廖及周, 1998)，如 FX2N 跟電腦間通訊協定之包封格式。

RS-232 串列通訊可分同步式(Synchronous)及非同步式(Asynchronous)兩種。同步式在通訊的兩端使用同步訊號作為通訊的依據，須使用 25 支腳；非同步式則使用啟始位元(Start Bit)及停止位元(Stop Bit)作為通訊的判斷，僅需使用 9 支腳(范，1999)。RS-232 使用 25 支腳乃為執行同步傳輸，而隨著電腦技術變遷，使用非同步傳輸的機會增加，25 支腳的同步傳輸逐漸式微，而為 9 針的 RS-232 介面取替，於本試驗中，採用 9 針 RS-232 的非同步式訊號傳遞方式。

在電腦與 PLC 之通訊協定上，不同型號 PLC 各有相異的通訊協定格式，本研究採用 FX2N PLC 包封格式。FX2N PLC 的通訊協定包封格式，依序由啟始碼(Start)、命令(Command)、位址和資料(Address/Data)、結束碼(Terminator)及檢查碼(Sum)等欄位構成(廖及周，1998)，最後的檢查碼則由命令、資料及結束碼三部分所加總構成。本試驗所使用的 PLC 內建通訊介面為 FX2N-422-BD 通訊接頭，為與電腦進行連線，另需 RS-422 轉換 RS-232 之通訊轉換線，整體電腦與 PLC 之連線，如圖 2 所示。而 FX2N 系列之 PLC 本身則可依需求，將通訊介面更換為 FX2N-232-BD、FX2N-422-BD 或 FX2N-485-BD 通訊接頭(Mitsubishi, 及 1999)。

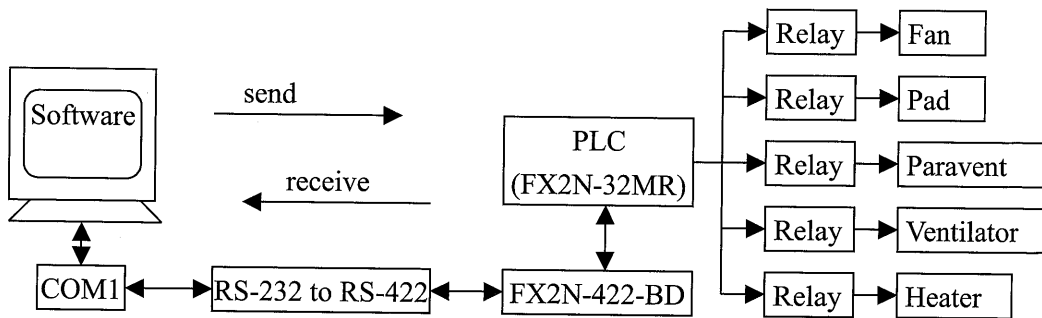


圖 2. 圖控程式與 PLC 之連線。

Fig. 2. Connection between PLC and computer graphic control software.

本研究所使用之 Microsoft Visual Basic 6.0 程式語言本身具有良好的序列通訊元件(MSComm, Microsoft Comm Control 6.0)，可輕易透過電腦主機之 RS-232 介面，與其他裝置 RS-232 介面的儀器、設備相互傳遞訊息，如連接網路的 Modem 或本試驗之 FX2N PLC。經由 RS-232 介面，透過 MSComm 序列通訊元件，圖控程式所傳送的指令即可進入 PLC 中，直接讀取、寫入、啟動或關閉 PLC 上對應之接點元件。

3. 圖控程式之資料庫

於相異外界氣候條件下，形成畜舍內不同的熱環境狀態，需進行不同程度的通風以維持舍內於一穩定的溫度，在圖控程式內，運用 Visual Basic 6.0 之 ADODC (Microsoft ADO Data Control 6.0) 及 DataGrid (Microsoft DataGrid Control 6.0) 兩個資料庫控制元件建立一氣候條件資料庫，可作為氣候數據儲存及氣候資料引用之來源。

結果與討論

I. PLC 自動控制模式

環境控制設備的操作方式，主要可分為開關切換控制方式(ON/OFF control)及調節控制方式(Modulated control)。(Kamp and Timmerman, 1996)

(i) 開關切換控制方式；具有反應迅速、控制確實的優點，但有容易產生開關切換頻繁，使接觸點過熱而燒毀之缺點。為改善開關控制方式之缺點，可以下述三種控制方式進行操作。

1. 時間延遲方式 (Time delays)：設定一時間間距，當設備啟動後，需經設定時間間距後，方能關閉設備，以減低開關作動的次數，延長開關的壽命。
2. 無息地帶方式 (Dead zone)：將設定值的單點位置擴大為一個區域，於此區域的起點進行元件的啟動作業，區域的終點進行關閉作業，擴大控制值的範圍，以減少開關動作的次數。
3. 量測平均值方式 (Average measurements)：數次的感測結果進行平均，以平均值與設定值進行比較，決定是否開關元件。

(ii) 調節控制方式；非直接控制元件的開或關，而以調整元件的開關程度進行操作，主要分為兩種控制方式。

1. 比例控制方式 (Proportional control)：將設定值分成若干比例，對不同比例狀態進行不同程度作動的控制方式。
2. 比例積分控制方式 (Proportional Integral Control)：利用比例控制方式，加以定時檢查感測點的回授，若未能達到設定目標值，則逐步增加作動強度。

在本試驗中，兩側帆布之開起與關閉採無息地帶方式控制，利用帆布上下端所安裝近接開關與帆布下端不銹鋼材進行感應，若感應面積超過設定之面積大小則進行開關切換，或感應面積不足，則表示帆布未到設定點，開關不予以切換，此感應之面積大小可隨需要進行調整。

風扇之控制則配合溫度感測器 PT 100，以設定 3 秒鐘延遲時間之時間延遲控制方式，避免因溫度反覆跳動，產生風扇開關頻繁，過度重複開啟與關閉動作，導致風扇開關短時間內電流反覆衝擊而燒毀之現象。

水簾之控制方式則採最簡單的開關切換方式，當水簾作動訊號輸入後，立即進行開關之切換動作。於本研究中利用電熱器及送風機加熱，模擬密閉式水簾豬舍內之熱負荷，而送風機與電熱器同樣採用開關切換方式，在開啟送風機與電熱器時，需先啟動送風機後再啟動電熱器，反之，關閉送風機前須先關閉電熱器後，以避免電熱器無法散熱而燒毀。

本試驗規劃之環境控制模式，於夏季之操作設定流程為，因舍內空氣悶熱且外界溫度過高，利用自然通風或強制通風無法達到降溫需求，故帆布下降形成密閉式之環境狀態，同時啟動水簾、風扇進行水簾降溫；冬季時因天氣寒冷，為豬隻保暖之需求，帆布下降以密閉式之環境進行保溫或加溫，但因密閉式舍內空氣溫度逐漸升高，造成豬隻熱緊迫，或為維持舍內空氣的清淨度，需開啟風扇進行少量通風，以維持畜舍內空氣於合適溫度或清淨度。如夏季之控制例，以熱環境模式計算在某外界氣象條件下，風扇所需排除之熱量後，再啟動所需對應之風扇數目。或利用回饋(Feed back)控制之方式，設定風扇運轉的溫度目標值後，感測舍內溫度啟動所需運轉的風扇數，利用調節風量的方式控制舍內之溫度（黃等，2000）。其動作順序如下：

- (1) 當室內溫度計(T_{in} ℃) 溫度高達第 1 設定點時(T_1 ℃)，帆布下降；
- (2) 帆布下降後，觸動帆布底端開關，以啟動水簾、風扇 1；
- (3) 當溫度持續升高至 第 2 設定點時(T_2 ℃)，啟動風扇 2；

- (4)當溫度持續升高至 第3 設定點時($T_3^{\circ}\text{C}$)，啟動風扇 3；
- (5)當溫度持續升高至 第4 設定點時($T_4^{\circ}\text{C}$)，啟動風扇 4；
- (6)當溫度降至 第4 設定點時($T_4^{\circ}\text{C}$)，關閉風扇 4；
- (7)當溫度降至 第3 設定點時($T_3^{\circ}\text{C}$)，關閉風扇 3；
- (8)當溫度降至 第2 設定點時($T_2^{\circ}\text{C}$)，關閉風扇 2；
- (9)當溫度降至 第1 設定點時($T_1^{\circ}\text{C}$)，關閉風扇 1、水簾；
- (10)帆布上升，觸動帆布頂端開關。

圖3為控制之輸入與輸出點規劃圖，其中X表PLC輸入接點，Y表PLC輸出接點，分別控制兩側帆布、加熱器、風扇與水簾等環控設備之啟動與關閉。依據上述所設計之環境控制流程，並利用所規劃PLC的I/O點繪製出電氣迴路階梯圖(如圖4)，並將該階梯圖轉換成可程式控制器之邏輯程式，最後用程式書寫器將程式載入可讀寫記憶體內，即可執行環控設備之操控。

經由PLC連接之FX2N-4AD-PT PT 100溫度模組與溫度設定開關，分別對相異的溫度設定值，當舍內溫度達到溫度感測模組所設定之溫度值後，自行啟動風扇進行通風，可調節畜舍內於穩定的溫度。而本PLC所接之溫度設定模組，一次只能接受兩組溫度設定值，故需利用兩個溫度設定模組，以設定四組不同的溫度值來控制四個風扇之開關切換。實際進行環境模式之操作時，經由PLC的控制，其動作響應上十分迅速，帆布、水簾及風扇之作動也相當正確，經本模型畜舍之試驗，未來可將PLC應用至實際豬舍內進行環控管理之作業。

II. 圖形控制程式

本程式設計上採用模組化程式設計，搭配多重表單、多重子表單(MDI, Multiple Document Interface)及資料庫元件(ADODC與DataGrid)逐一撰寫而成。

(i) 試驗畜舍監視與控制

利用Visual Basic 6.0之序列(串列)通訊元件MSComm、TextBox及Option Button物件的選取，擷取物件上PLC命令格式之程式碼，透過程式碼與MSComm物件之RS-232通訊協定，採非同步雙向、鮑率(baud rate) 9600 bps (Bits per second)、偶位元同位檢查、資料7位元及停止位元1位元方式，傳送各讀取、寫入、啟動或關閉命令給PLC，傳送之控制字元如表1所示，可正確無誤達成模型畜舍兩側帆布、水簾、風扇、送風機及電熱器之開與關，並直接將開啟或關閉之狀態直接顯示於圖控程式上(如圖5所示)。

(ii) 畜舍內熱量計算

表單上利用SSTab元件，將熱量計算分散於6個頁籤，因密閉式水簾豬舍之熱負荷分別包含受陽光照射牆壁熱、無陽光照射牆壁熱、滲透熱、豬隻熱、工作人員及照明設備與風扇馬達之熱、水簾取得熱等六部分，而每個頁籤為各自獨立的控制元件佈置區，所使用的物件名稱不可重複。

於受陽光照射牆壁的熱頁籤中，佈置有ADODC資料庫開啟元件，透過此資料庫開啟元件，擷取資料庫中對應之資料，資料將顯現在各個TextBox中，透過計算熱量按鈕即可迅速計算出輸入資料的總熱量，總熱量結果也立即顯示於黃色Label物件位置(如圖6所示)。除上述方式外，亦可手動鍵入各資料於TextBox物件，同樣按下計算熱量按鈕後即可得總熱量計算結果；於其他頁籤以同樣方式計算出各熱量結果。

計算完前五項熱量後，可於水簾取得熱部分按下計算總熱量按鈕，求出其他五項熱量之總和，再按下計算通風量按鈕便可求出畜舍所需要之通風量，此通風量結果經程式計算及判斷後，決定啟動之風扇數目，透過MSComm元件傳送命令予畜舍內PLC，進行風扇關閉或開啟工作。以此熱量計算方式可自動控制通風量，若能搭配資料庫之數據引入計算而自動管理風扇，則可達到畜舍自動化環控管理目標。

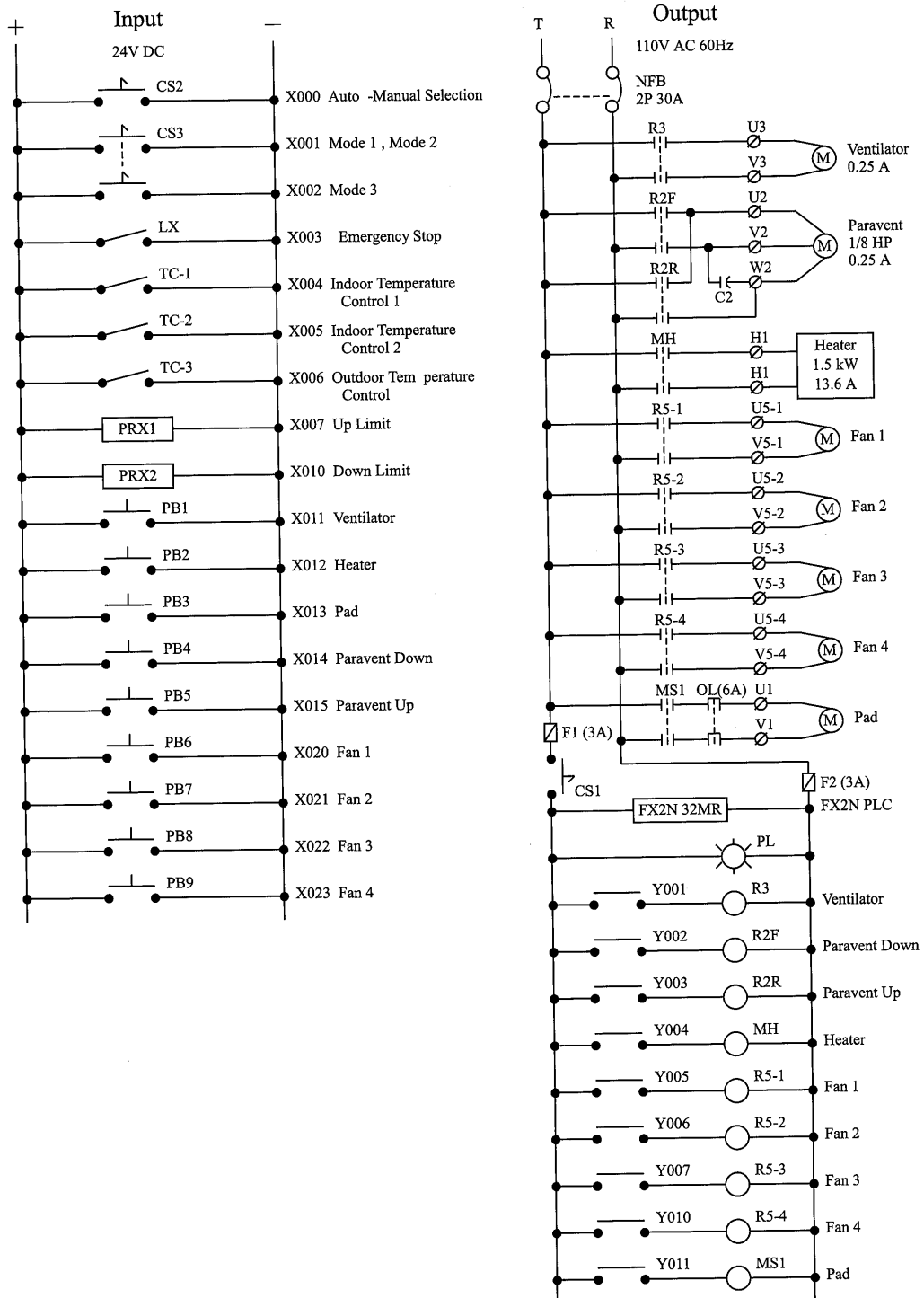


圖 3. 可程式邏輯控制器輸入及輸出點規劃。

Fig. 3. PLC I/O diagram.

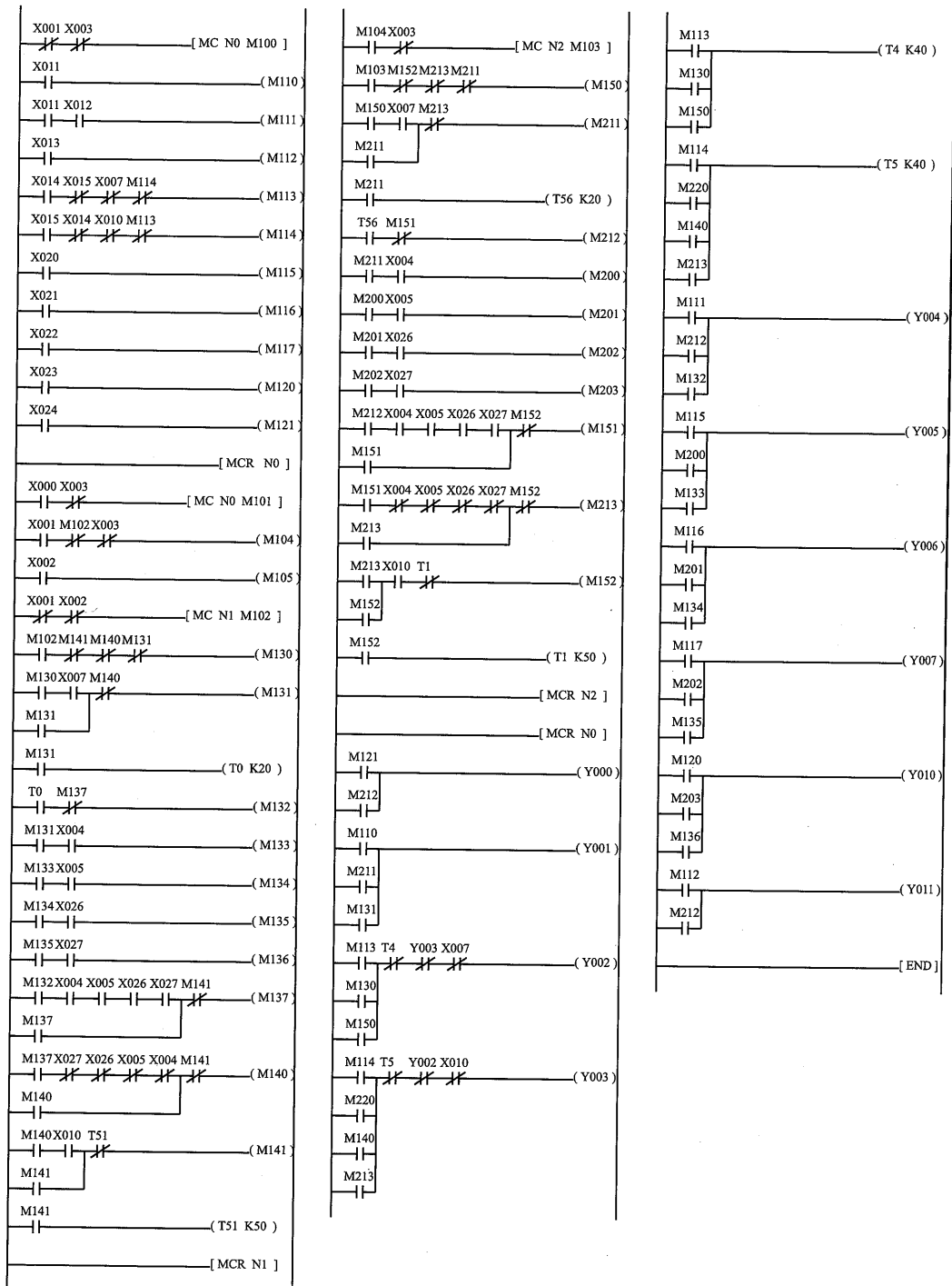


圖 4. 可程式邏輯控制器階梯圖。

Fig. 4. PLC ladder diagram.

表 1. FX2N PLC 之控制字元

Table 1. FX2N PLC control code

	Ventilator	Paravent	Paravent	Heater	Fan 1	Fan 2	Fan 3	Fan 4	Pad
		Down	Up						
PLC									
Output	Y01	Y02	Y03	Y04	Y05	Y06	Y07	Y10	Y11
Start	Chr(2)	Chr(2)	Chr(2)	Chr(2)	Chr(2)	Chr(2)	Chr(2)	Chr(2)	Chr(2)
Comm open	7	7	7	7	7	7	7	7	7
and close	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Address	0501	0502	0503	0504	0505	0506	0507	0508	0509
Terminator	Chr(3)	Chr(3)	Chr(3)	Chr(3)	Chr(3)	Chr(3)	Chr(3)	Chr(3)	Chr(3)
Sum open	00	01	02	03	04	05	06	07	08
close	01	02	03	04	05	06	07	08	09

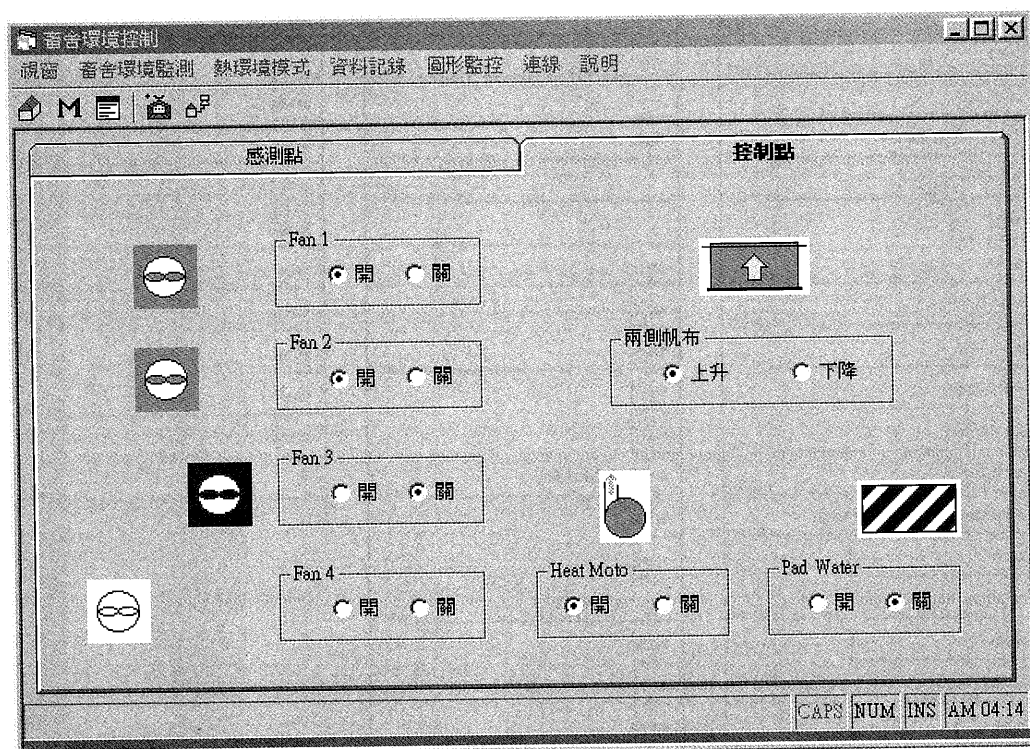


圖 5. 畜舍監視與控制表單。

Fig. 5. Manual of monitoring and control of livestock building.

(iii) 數據資料庫

畜舍之相關氣候條件可於此資料庫表單進行新增、修改及刪除之動作，所記錄的資料儲存在

圖 6. 熱環境模式之熱負荷計算表單。

Fig. 6. Manual of heat loading calculation with thermal environmental model.

程式所建立的資料庫檔案內。此資料庫採用Microsoft Jet 3.51 OLE DB Provider進行資料連結。同樣使用ADODC 資料庫開啟元件，並搭配 DataGrid 控制元件顯示資料庫內容(如圖 7 所示)。

除於本表單操作新增、修改及刪除外，亦可利用 Microsoft ACCESS 資料庫程式操作新增、修改及刪除熱環境模式資料庫的內容，充分兼顧資料庫應用之相容性與便利性。

結 論

- I. 本研究應用三菱 FX2N PLC 於畜舍環境控制，結果顯示具有良好之效果，在風扇、水簾及兩側帆布的操作上，均可達到預期的效益，可充分應用 PLC 執行畜舍之環境控制。
- II. 在圖控程式方面，由 Microsoft Visual Basic 6.0 程式語言所建立之圖控程式，可經由電腦監視器以監視與控制畜舍內環境狀況，進一步可透過資料庫累積之氣候環境條件數據，用以修正畜舍內之熱環境狀態。而本研究建立之圖控程式，在其他圖形繪製及數據分析之功能上稍嫌不足，日後應可進一步改進此部分程式，朝結合電腦與 PLC 之全自動化圖形管理控制方向努力。

編號	日期	時間	屋頂通過率	牆壁通過率
1	2000/7/12	PM 12:00:00	1.682	2.15
2	2000/7/12	PM 12:00:00	1.682	2.15
3	2000/7/12	PM 12:00:00	1.682	2.15
*				

圖 7. 畜舍之資料庫表單。

Fig. 7. Manual of database of livestock building.

謝 誌

本試驗承行政院農業委員會計畫 89 自動化 -5.1- 牧 -61(3)經費補助，試驗過程承中興大學農機系高信豪之協助，特申謝忱。

參考文獻

- 王國榮。1999。Visual Basic 6.0 教本。初版。旗標出版股份有限公司，台北。
- 王國榮。1999。Visual Basic 6.0 實戰講座。初版。旗標出版股份有限公司，台北。
- 侯嘉福、蔡政道。1999。FX-2 可程式控制器原理及實習。初版。全華科技圖書，台北。
- 范逸之、陳立元、賴俊朋。1999。Visual Basic 與 RS232 串列通訊控制。初版。文魁資訊股份有限公司，台北。
- 黃裕益、謝廣文、鄭俊哲。2000。水簾式豬舍內熱環境之評估與探討。畜產研究33(4): 369~383。
- 廖文輝、周至宏。1998。圖形監控。二版。全華科技圖書，台北。
- Kamp, P. G. H. and G. J. Timmerman. 1996. Computerized Environmental Control in Greenhouses. IPC-Plant. Netherlands.
- MITSUBISHI electric corporation. 1999. FX2N hardware manual. MITSUBISHI electric corporation, Tokyo. Japan.

Application of Programmable Logic Controller for Environmental Control Management in Livestock Building with Evaporative Cooling Pad System.

Yu-I Huang⁽¹⁾, Kuang-Wen Hsieh⁽¹⁾, Chun-Che Cheng⁽²⁾

Received: November 3, 2000; Accepted: November 30, 2000

Abstract

In the recent years, due to the development of livestock automation, there are several examples which applying Programmable Logic Controller (PLC) in managing livestock production. Now, because a lot of farmers have accepted the concepts of using close-type buildings, using the PLC to control and manage them appears much more important. This study used Mitsubishi FX2N PLC to design the control policy for livestock building with cooling pad. Operations of the water pad and fans can be controlled automatically by applying temperature variations of climate and writing the programs within PLC. Indoor temperature can also be regulated by changing the ventilation rate.

Besides, the graphic monitoring program can be written through the objective direction program language of Microsoft Visual Basic 6.0. The graphic interface is constructed instead of traditional control panel by connecting the computer and PLC. It provides the control of components, the monitoring of temperatures, and the collection of environmental data. The major source of heat in the livestock building is calculated through the database which can regulate the ventilation rate automatically.

A graphic monitoring program was constructed in this study. It was applied and evaluated by the operations of livestock building model. Experimental results show that it could control each component to open and close accurately. It also could control and start the fans needed according to temperature setting, or calculated the re-

(1) Department of Agricultural Machinery Engineering, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

(2) Animal Farm, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

quired number of fans and heat removal by ventilation according to database. Therefore, it is feasible to apply PLC with a graphic monitoring program for environmental monitor and control of livestock building.

Key words: Livestock building, Environmental control management, Programmable logic controller, Graphic monitoring control.