

最佳契約容量擬定策略 ——企業產學合作案

第10組

102034064 蔡泰宇

103034038 孫翌鈞

103034047 張造勻

指導教授：桑慧敏 教授

清大工工



摘要

在半導體產業的成本中，電費佔了極大的比例，如何**有效訂定與台電的契約，並在超約與否中取得平衡**，是個重要的課題。本研究與某大晶圓廠合作，希望能藉由資料分析、建立數學模型、最佳化等方法，訂定最佳的契約容量以降低電費成本。

在了解台電的計電規則後，我們訂定了相關的變數，並依廠方的需求加入限制條件，**建構出計算電費的數學模型**。接著，本研究根據廠方提供的歷史資料，並**使用基因演算法與粒子群演算法**計算出契約容量的最佳解。我們同時以不同年份的資料**預估下一年度的用電量**，並比對已知的資料逐步調整，**最終提出一個可以有效預測廠方未來用電行為的方法**。根據該預測結果所計算出的契約容量最佳解，可以為合作企業單一廠節省數十萬的電費。

台電計電規則

▶ 每月電費 = (基本電費 + 超約罰金 + 線路補助費) + 流動電費

▶ 名詞定義

▶ 基本電費 E_{basic} : 契約電價 x 契約容量

▶ 超約罰金 E_{over} : 最大用電需量超過契約容量需支付的罰金

▶ 線路補助費 E_{change} : 更改契約容量需支付的費用

▶ 流動電費 : 流動電價 x 用電度數

▶ 契約容量 : 契約上可以使用之最大用電需量(15分鐘平均kW)

▶ 共有四種用電時段，每一時段訂定不同契約，費率也不同。

■ 尖峰時段 ■ 半尖峰時段 ■ 週六半尖峰時段 ■ 離峰時段



訂定變數與符號

研究目的：訂定 $x_1 \sim x_4$ ，使 $E_{\text{total}} = (E_{\text{basic}} + E_{\text{over}} + E_{\text{change}})$ 最小

決策變數

- x_1 ：經常契約容量
- x_2 ：半尖峰契約容量
- x_3 ：週六半尖峰契約容量
- x_4 ：離峰契約容量

未知的變數

- Y_1 ：當月尖峰時間用電最高需求量
- Y_2 ：當月半尖峰時間用電最高需求量
- Y_3 ：當月週六半尖峰時間用電最高需求量
- Y_4 ：當月離峰時間用電最高需求量

▶ Index 定義

- 下標 i =
 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S4$ ：夏月 尖峰、半尖峰、週六半尖峰、離峰
 $N2$ 、 $N3$ 、 $N4$ ：非夏月 半尖峰、週六半尖峰、離峰

$$I_i^- = \begin{cases} 1, & 0\% < \text{超額量} \leq 10\% \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_i^+ = \begin{cases} 1, & \text{超額量} > 10\% \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

電費模型

$$E_{basic} = 223.6x_1 + 166.9x_2 + 44.7\text{Max}\{[(x_3 + x_4) - 0.5(x_1 + x_2)], 0\}$$

夏月總電費

$$\begin{aligned} E_{over} = & (447.2Y_1 - 447.2x_1)I_{S1}^- + (670.8Y_1 - 693.16x_1)I_{S1}^+ \\ & + \{[Y_2 - (x_1 + x_2)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), 0]\} \times 333.8I_{S2}^- \\ & + \{[Y_2 - (x_1 + x_2)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), 0] - 0.1x_2\} \times 500.7I_{S2}^+ + (333.8 \times 0.1x_2)I_{S2}^+ \\ & + \{[Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), 0]\} \times 89.4I_{S3}^- \\ & + \{[Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), 0] - 0.1x_3\} \times 134.1I_{S3}^+ + (89.4 \times 0.1x_3)I_{S3}^+ \\ & + \{[Y_4 - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3), 0]\} \times 89.4I_{S4}^- \\ & + \{[Y_4 - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3), 0] - 0.1x_4\} \\ & \times 134.1I_{S4}^+ + (89.4 \times 0.1x_4)I_{S4}^+ \end{aligned}$$

E_{change} 因數學式太過繁雜，在此省略

$$E_{basic} = 166.9(x_1 + x_2) + 33.3\text{Max}\{[(x_3 + x_4) - 0.5(x_1 + x_2)], 0\}$$

非夏月總電費

$$\begin{aligned} E_{over} = & \{[Y_2 - (x_1 + x_2)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), 0]\} \times 333.8I_{N2}^- \\ & + \{[Y_2 - (x_1 + x_2)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), 0] - 0.1x_2\} \times 500.7I_{N2}^+ + (333.8 \times 0.1x_2)I_{N2}^+ \\ & + \{[Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), 0]\} \times 66.6I_{N3}^- \\ & + \{[Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), 0] - 0.1x_3\} \times 99.9I_{N3}^+ + (66.6 \times 0.1x_3)I_{N3}^+ \\ & + \{[Y_4 - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3), 0]\} \times 66.6I_{N4}^- \\ & + \{[Y_4 - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3), 0] - 0.1x_4\} \\ & \times 99.9I_{N4}^+ + (66.6 \times 0.1x_4)I_{N4}^+ \end{aligned}$$

E_{change} 因數學式太過繁雜，在此省略

預測邏輯

- ▶ **Ingot** 應與**總開爐時數**有關，而總開爐時數又與**最高用電需量**有關。
- ▶ **使用Ingot生產計劃推估未來的最高用電需量**。
- ▶ 以2015~2016年的資料推估2017年的用電最高需量為例：
 - ① 以兩年24個月的數據，算出2015~2016年「Ingot對總開爐時數」以及「總開爐時數對各最高需量」的迴歸直線方程式。
 - ② 將企業2017年的Ingot，代入①求得的方程式，計算出2017年的總開爐時數預測值。
 - ③ 將總開爐時數預測值代入①求得的方程式，計算出2017年12個月的各個最高需量預測值。

利用PSO找尋最佳契約容量

- 使用真實的2017最高需量時，求得之最佳契約容量
 $x_1=3275, x_2=0, x_3=300, x_4=225$ ，電費為6,435,895元。
- 使用預測的2017最高需量時，求得之最佳契約容量
 $x_1=3120, x_2=0, x_3=590, x_4=90$ ，電費為6,549,037元。

研究成果

1. 將台電文字敘述複雜的計電規則轉換成數學模型，並以 PSO 求得訂定最佳契約容量時所需繳交的最小電費（此電費為理論值，實際上為無法得到的結果，但可作為比較的基準）。
2. 有效預測合作企業的最高用電需量，每年度可為合作企業的此廠區省下數十萬元的電費，且達最小電費節省金額的50%左右。

給定	預測	本研究 預測電費 (1)	最小電費 (理論值) (2)	公司實際 繳交電費 (3)	$\frac{ (1) - (3) }{(3)}$	$\frac{ (1) - (3) }{ (2) - (3) }$
2015	2016	6,795,744	6,441,969	7,120,300	4.56%	47.85%
2015、2016	2017	6,549,037	6,435,895	6,746,690	2.93%	63.96%

研究成果

3. 根據預測與最佳化的結果得知，**我們毋須把契約容量設在整年的最高需量最大值**。我們把契約容量訂得較低，雖然要支付部分超約罰金，但因為契約容量低，且整年維持固定契約，不用負擔線補費，反而比較省錢。
4. 根據敏感度分析，得知**影響電費最顯著的因子是經常契約，而週六半尖峰與離峰契約兩者對電費的影響甚小**。另外，只要**維持週六半尖峰與離峰契約的總和不變，可以任意調整它們的值**。