

การประมาณต้นทุนการผลิตของหม้อแปลงไฟฟ้า CSP และ มิเตอร์ไฟฟ้าสำหรับการไฟฟ้านครหลวง  
Forecasting of Product Cost of CSP Transformer and Watt Hour Meter for The Metropolitan Electricity

Authority

โอมอนันต์ เฟิงกูยศิริพันธุ์

รศ.ดร. พัชรภรณ์ ญาณภีร์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2579-8610 โทรสาร 0-2579-8610 E-mail: fengppy@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้เพื่อนำไปใช้ในการประมาณต้นทุนการผลิตของหม้อแปลงไฟฟ้า CSP และมิเตอร์ไฟฟ้าสำหรับการไฟฟ้านครหลวงที่จะนำไปใช้ในการหาราคากลางในการประมูลต่อไป โดยทำการพยากรณ์ต้นทุนวัตถุดิบหลักแต่ละชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า CSP และมิเตอร์ไฟฟ้า จากนั้น นำการพยากรณ์ที่ดีที่สุด มาแทนในสูตรการหาต้นทุนเดิมของทางการไฟฟ้า

คำสำคัญ ฟัซซี่ การพยากรณ์ การประมาณต้นทุน

ประมาณต้นทุน การผลิตหม้อแปลง CSP 225kVA 12/24kV และ วัดชั่วโมงมิเตอร์ ขนาด 230V 15(45) A 1P 2W

2. ศึกษากระบวนการผลิตและวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ  
2.1 ศึกษากระบวนการผลิตและวัตถุดิบของหม้อแปลง CSP 225kVA 12/24kV

Abstract

This project makes for use in estimating the production cost of CSP electricity transformer and watt hour meter for the MEA to find the price in the auction next time. By forecast each data of direct material with normal and new forecast method. Then transfer back the best forecasted data into the cost formula of MEA.

Keywords: Fuzzy, Forecasting, Cost Estimation

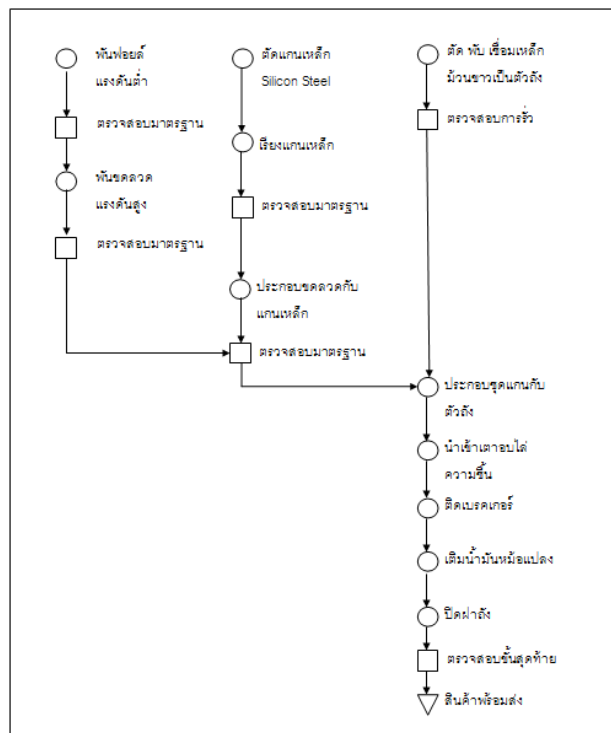
1. บทนำ

ในการประมูลผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าแรงสูงในปัจจุบัน ยังเป็นการใช้การประเมินราคาค่าต้นทุนที่ยังไม่เป็นระบบที่ดีพอทำให้บางครั้งการประเมินราคาค่าต้นทุนนั้นสูงจนเกินไป หรือต่ำจนเกินไปทำให้การประมูลในแต่ละครั้งอาจไม่ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาและพยากรณ์ต้นทุนจากวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการผลิตหม้อแปลง CSP 225kVA 12/24kV และ วัดชั่วโมงมิเตอร์ ขนาด 230V 15(45) A 1P 2W

1.2 ขอบเขตของโครงการ

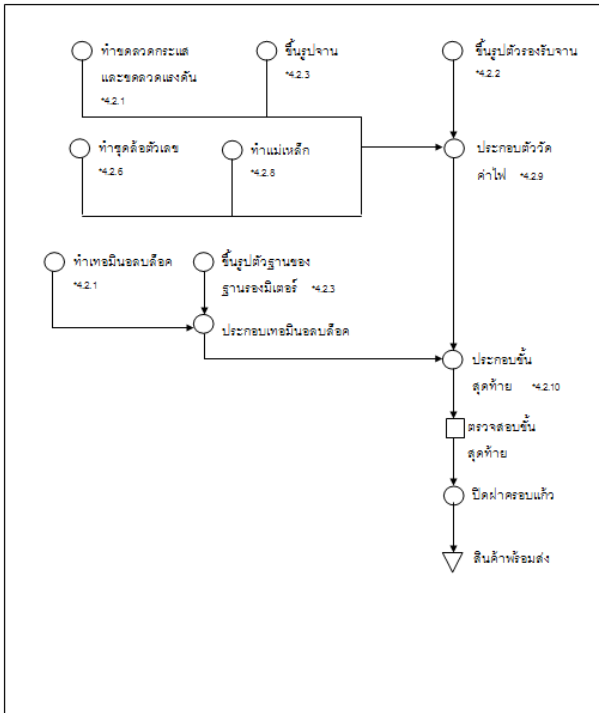


ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตหม้อแปลง CSP

จากภาพที่ 1 และจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าหม้อแปลง CSP นั้น ใช้วัตถุดิบหลักๆเพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ เหล็ก Silicon Grade ฟอยล์ทองแดง ลวดทองแดง เหล็กม้วนขด และ น้ำมันหม้อแปลง

## 2.2 ศึกษากระบวนการผลิตและวัตถุดิบของวัตต์ฮาวมิเตอร์

ขนาด 230V 15(45) A 1P 2W



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตโดยย่อของวัตต์ฮาวมิเตอร์

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า ส่วนประกอบของ วัตต์ฮาวมิเตอร์ นั้นมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าต้นทุนแรงงาน อควิธีและ ต้นทุนในส่วนของโรงงาน จะสูง

## 2.3 ศึกษาตัววัตถุดิบและหาวัตถุดิบหลัก

จากการศึกษาสัดส่วนของราคาวัตถุดิบแต่ละชนิด ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชั้น ทำให้ได้ข้อสรุปคือ วัตถุดิบหลักของหม้อแปลง CSP คือ ฟอยล์ทองแดง แกนเหล็ก และ ลวดทองแดง วัตถุดิบหลักของวัตต์ฮาวมิเตอร์คือ ลวดทองแดง อลูมิเนียมและ เหล็กตัวฐาน

## 3. ค้นหาข้อมูลของวัตถุดิบหลัก

ในการค้นหาข้อมูลได้ความอนุเคราะห์จากทางกรมศุลกากร ในส่วนของข้อมูลย้อนหลังรายเดือนเป็นเวลา 3 ปี ของ ราคาเหล็กแกน ราคาฟอยล์ทองแดง อลูมิเนียม และ ราคาลวดทองแดง

ข้อมูลย้อนหลังรายเดือนเป็นเวลา 8 ปี ของเหล็กตัวฐาน ที่ใช้ผลิตวัตต์ฮาวมิเตอร์ จาก เว็บไซต์สถาบันเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

## 4. ทำการทดสอบข้อมูลที่ได้มา

โดยใช้ Regression ในการทดสอบระหว่างราคาวัตถุดิบหลัก กับต้นทุนในการผลิต

Regression Statistics	
Multiple R	0.97
R Square	0.95
Adjusted R Square	0.94
Standard Error	28747.69
Observations	11.00

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2.00	1.2E+11	6.04E+10	73.04	7.27E-06
Residual	8.00	6.6E+09	8.26E+08		
Total	10.00	1.2E+11			

	Coefficients	SE	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	280854.84	27643.82	10.16	7.54E-06	217108.07	344601.61	217108.07	344601.61
X1	517.23	234.69	2.20	4.86E-02	-23.96	1058.43	-23.96	1058.43
X2	488.15	187.68	2.60	3.16E-02	55.36	920.93	55.36	920.93

ภาพที่ 3 ผลการรัน Regression ของ หม้อแปลง CSP

Regression Statistics	
Multiple R	0.526803
R Square	0.277522
Adjusted R Square	0.122705
Standard Error	55.00086
Observations	18

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	16268.18	5422.726	1.792580496	0.19476451
Residual	14	42351.33	3025.095		
Total	17	58619.5			

	Coefficients	SE	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	463.1873162	78.49852	5.900587	3.86411E-05	294.82474	631.54989	294.8247	631.5499
X Variable	0.594193765	0.286162	2.076423	0.05675142	-0.0195631	1.2079506	-0.01956	1.207951
X Variable	-0.47498919	2.075008	-0.22891	0.822249298	-4.9254382	3.9754598	-4.92544	3.97546
X Variable	-1.24882746	1.073604	-1.16321	0.264187711	-3.55148	1.053825	-3.55148	1.053825

ภาพที่ 4 ผลการรัน Regression ของ วัตต์ฮาวมิเตอร์

จากภาพที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่า ค่า R-square ของ หม้อแปลงนั้นมีค่าสูง ทำให้สามารถนำข้อมูลไปพยากรณ์ต่อได้ เพียงแค่ส่วนของแกนเหล็ก เท่านั้นที่ไม่สามารถนำไปคำนวณต่อได้เพราะราคาเหล็กที่ได้มานั้นเป็นราคาเหล็กSilicon Grade นับทุกเกรดของเหล็กชนิดนั้นๆ ซึ่งมีหลายเกรดมาก และ เกรดที่ใช้ในนั้นหาราคาย้อนหลังจากตลาดได้ยากมาก

ในส่วน R-square ของ วัตต์ฮาวมิเตอร์นั้นมีค่าต่ำมาก ทำให้ไม่สามารถนำไปพยากรณ์ต่อได้ อาจเกิดจากการวิเคราะห์จากการสังเกตกระบวนการผลิต คือ ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตส่วนมากจะตกอยู่ที่ ต้นทุนในการดำเนินงานและต้นทุนแรงงาน มากกว่า ต้นทุนจากวัตถุดิบ

## 5. เถลาพยากรณ์

ทำการพยากรณ์วัตถุดิบหลักที่สามารถพยากรณ์ต่อได้โดยใช้วิธีการพยากรณ์ต่อไปนี้

- 1 Moving Average
- 2 Weight Moving Average
- 3 Exponential smoothing
- 4 Double Exponential smoothing
- 5 Holt - Winter
- 6 Fuzzy integrated logical forecasting (FILF)

โดยมีตัวชี้วัดคือ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ที่เลือก MAPE เพราะถ้าใช้ MSE ตัวเลขจะมาก และจะชี้วัดระหว่างข้อมูลแต่ละชุดไม่ได้

## 6. ทำการพยากรณ์

### 6.1 ผลจากการพยากรณ์

ตารางที่ 1 ผลจากการพยากรณ์ของฟอยล์ทองแดง

	1ปี	2ปี	เฉลี่ยตลอดการ พยากรณ์
Moving Average	6.71%	7.67%	11.91%
Weight Moving Average	6.34%	7.19%	10.04%
Exponential	7.89%	6.89%	11.71%
Double Exponential	7.68%	7.76%	12.67%
Holt - Winter	7.27%	7.51%	9.98%
FILF	7.62%	8.23%	9.66%

ตารางที่ 2 ผลจากการพยากรณ์ของลวดทองแดง

	1ปี	2ปี	เฉลี่ยตลอดการ พยากรณ์
Moving Average	4.87%	7.44%	9.46%
Weight Moving Average	4.07%	7.51%	8.75%
Exponential	7.88%	8.22%	10.39%
Double Exponential	5.96%	5.77%	11.10%
Holt - Winter	8.70%	7.40%	10.49%
FILF	7.62%	11.30%	8.12%

จะเห็นได้ว่าการพยากรณ์ระยะสั้น WMA จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด แต่ถ้าเป็นการพยากรณ์ในระยะยาว FILF จะเป็นวิธีที่ดีที่สุดเพราะ ในการพยากรณ์แบบ FILF มีการใช้ ข้อมูลตลอดทั้งการพยากรณ์มาคำนวณแต่ การพยากรณ์แบบอื่นนั้นจะสนใจแค่ข้อมูลที่ไม่เก่ามากเท่านั้นอาจมีผล จากข้อมูลเก่ามาบ้าง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การพยากรณ์ที่เราสนใจคือ การพยากรณ์ในระยะยาวเพราะใน การหาต้นทุนของผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้เป็นราคาเปิดประมูลนั้น จะต้อง ใช้ระยะเวลาที่นาน จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า FILF มีค่า MAPE ดีที่สุด แต่ยังมีพยากรณ์แบบอื่นที่ง่ายกว่า แต่ให้ผลได้ ใกล้เคียงกับ วิธี FILF จึงนำไปทำ Pair Test Two Sample for Means

### 6.2 ทำ Pair Test Two Sample for Means

ตารางที่ 3 ผลจากการทำ Pair Test ระหว่าง FILF และ Holt-Winter ของฟอยล์ทองแดง

	Variable 1	Variable 2
Mean	414.166023	402.4818624
Variance	4446.841879	4285.29183
Observations	32	32
Pearson Correlation	0.871160226	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	31	
t Stat	1.96941024	
P(T<=t) one-tail	0.028949424	
t Critical one-tail	1.695518742	
P(T<=t) two-tail	0.057898848	
t Critical two-tail	2.039513438	

ตารางที่ 4 ผลจากการทำ Pair Test ระหว่าง FILF และ Weight Moving Average ของลวดทองแดง

	Variable 1	Variable 2
Mean	262.2928943	261.5237323
Variance	1962.460392	2166.979634
Observations	38	38
Pearson Correlation	0.928847868	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	37	
t Stat	0.274421921	
P(T<=t) one-tail	0.39264341	
t Critical one-tail	1.687093597	
P(T<=t) two-tail	0.78528682	
t Critical two-tail	2.026192447	

จากผล โปรแกรมตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า Holt-Winter แทน FILF ไม่ได้เพราะ P-two tail > 0.05 ซึ่งเกินค่า อัลฟา แต่อาจทำได้ในชีวิตจริงเพราะ ต้นทุนการพยากรณ์แบบ Holt-Winter อาจมีต้นทุนในการทำที่ ถูกกว่ามาก

จากผล โปรแกรมตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า WMA แทน FILF ไม่ได้เพราะ P-two tail > 0.05 ซึ่งเกินค่า อัลฟา ไปเยอะมากหมายถึง ค่า mean ของทั้ง 2 ไม่ได้ใกล้เคียงกัน

## 6.3 ทำการปรับค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดเพื่อให้ค่า MAPE ลดลง

### 6.3.1 พอยล์ทองแดง

จากการคำนวณ จะได้ค่าปรับคือ -3.2% ทำให้ค่า MAPE จาก 9.6624% ลดลงเหลือ 9.4783%

### 6.3.1 สวดทองแดง

จากการคำนวณ จะได้ค่าปรับคือ -0.5% ทำให้ค่า MAPE จาก 8.1235% ลดลงเหลือ 8.1081%

## 7. นำค่าพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง และ สัดส่วนจากการไฟฟ้า

จากการรันผล จะเห็นได้ว่าต้นทุนจากการไฟฟ้านั้นมีค่าใกล้เคียงกับต้นทุนจากค่าจริงมากกว่า ต้นทุนที่นั่นอาจเป็นเพราะทางการไฟฟ้ายังทำสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ค่าแรงประกอบ ค่าดอกเบี้ย ค่าเสื่อม หรือ ค่าอุปกรณ์ประกอบหม้อแปลง ได้ไม่ถูกต้อง

## 8. สรุปผล

ในการทำโครงการ ทำให้ได้รับความรู้ใหม่ๆ จากการ อ่านบทความ จากต่างประเทศ ซึ่ง ทำให้ได้วิธีการพยากรณ์ใหม่ มาประยุกต์ใช้ พยากรณ์ราคาวัตถุดิบ หรือประยุกต์ ไปพยากรณ์ความต้องการซื้อ และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบทางตรงได้จริง

## 6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมอุตสาหกรรมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. พัทธภรณ์ ญาณภริต อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ รวมไปถึง องค์ความรู้ใหม่ๆ ที่นำมาใช้ในโครงการฉบับนี้ ขอบคุณ อ. สุวิวัฒน์ สืบสานกุล ที่ได้ให้คำปรึกษาและ แนะนำในเรื่องของการทำรูปเล่ม และ ให้คำปรึกษาในเรื่องของตัวโครงการ จนกระทั่งโครงการนี้ เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณหน่วยงานราชการ การไฟฟ้านครหลวง กรมศุลกากร หน่วยงานเอกชน โรงงาน ฟรีไซส์ ไทยแมกซ์เวลมหาจักร มิตซูบิชิ และ ดิรไทย ในการเอื้อเฟื้อข้อมูลที่ใช้ในการทำโครงการฉบับนี้ จึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

## 7. การอ้างอิงและเอกสารอ้างอิง

<http://th.wikipedia.org/wiki/วิศวกรรมเครื่องกล> , 2553

[http://www.ekarat-transformer.com/products/tech03\\_th.asp](http://www.ekarat-transformer.com/products/tech03_th.asp) , 2553

<http://villadesktop.297m.com/?p=foil-winding-machine> , 2553

<http://www2.isit.or.th/statistic.asp?textsearch=&P=0&StatGroupID=1> , 2553

<http://www.customs.go.th/Statistic/Index.jsp> , 2553

ร.ศ.พิภพ ลลิตาภรณ์. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต(ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น. 2553

นายยศ สุทธาสุประดิษฐ์. การประมาณต้นทุนผลิตภัณฑ์ไฟฟ้ากำลังสูงเพื่อกำหนดราคากลางในการจัดซื้อ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550