

# การประเมินช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางของระบบสื่อสารผ่าน สายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่ถูกลดทอนจากสัญญาณรบกวนโคโรน่า Evaluation of Multipath Channel in High Voltage Power Line Communication Impaired by Corona Noise

พงศ์พันธุ์ อังคนานพวงศ์ เศรษฐกร กามเมือง สุวิพล ลิทธิชีวะภาค  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทคัดย่อ

ในบทความนี้จะทำการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยจะแสดงถึงลักษณะของช่องสัญญาณของระบบซึ่งมีลักษณะเป็นแบบช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางและมีสัญญาณรบกวนเป็นแบบสัญญาณรบกวนโคโรน่า (Corona Noise) และแสดงผลการทดสอบ, เปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อลักษณะของโครงข่ายระหว่างภาคส่งและภาครับแตกต่างกัน นอกจากนี้จะแสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์เมื่อนำเทคนิคการมอดูเลชันแบบ OFDM มาช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระหว่างการมอดูเลชันแบบ M-ary PSK และ M-ary QAM กับการมอดูเลชันแบบ OFDM

**คำสำคัญ:** ระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง, ช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทาง, สัญญาณรบกวนโคโรน่า, OFDM

## Abstract

In this paper, performances of High Voltage Power Line Communication (PLC) system are analyzed. The characteristics of PLC Multipath Channel and the Corona Noise are presented. The simulation results are compared and are analyzed in case of network topologies between transmitter and receiver are different, and then OFDM modulation technique is employed to improve better performance and high efficiency

**Keywords:** High Voltage Power Line Communication, Multipath Channel, Corona Noise, OFDM

## 1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการพัฒนานำ "สายส่งไฟฟ้า" ซึ่งแต่เดิมติดตั้งไว้เพื่อสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวมาใช้ประโยชน์เพื่อนำมาใช้เป็นตัวกลางในระบบสื่อสารเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการส่งสัญญาณเสียงหรือข้อมูล

ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นที่ทราบกันดีในชื่อว่า "Power Line Communication (PLC)" ซึ่งถ้าสามารถนำระบบสายส่งไฟฟ้าทั้งหมดมาใช้ประโยชน์สำหรับการสื่อสารได้จะทำให้กลายเป็นโครงข่ายระบบสื่อสารที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันนี้ระบบการสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าเป็นที่นิยมมากขึ้นแต่ส่วนใหญ่เป็นการสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำ (Low Voltage Power Line Communication) ดังนั้นในบทความนี้จะทำการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Power Line Communication) ซึ่งยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก โดยจะวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเมื่อลักษณะของโครงข่ายระหว่างภาคส่งและภาครับแตกต่างกัน ทำการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ได้รับเมื่อนำเทคนิคการมอดูเลชันแบบ OFDM มาใช้

สำหรับเนื้อหาในบทความนี้ในหัวข้อที่ 2 ได้นำเสนอแบบจำลองของระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงทั้งหมด ได้แก่ แบบจำลองของระบบ OFDM, แบบจำลองของช่องสัญญาณ และแบบจำลองของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบ หัวข้อที่ 3 จะนำเสนอลักษณะของช่องสัญญาณและสัญญาณรบกวนของระบบที่นำมาใช้ทดสอบ, แสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเมื่อลักษณะโครงข่ายแตกต่างกัน ทำการทดสอบ, วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการมอดูเลชันแบบ M-ary PSK และ M-ary QAM และเปรียบเทียบกับผลการมอดูเลชันแบบ OFDM และในหัวข้อที่ 4 เป็นบทสรุปของผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้

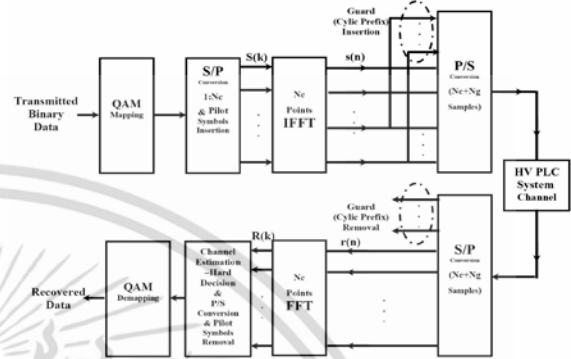
**2.แบบจำลองของระบบ**

**2.1 แบบจำลองระบบ OFDM**

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) เป็นเทคนิคการมอดูเลชันแบบหลายคลื่นพาห์ (Multiple-Carrier Modulation) ซึ่งมีรูปแบบการสื่อสารแบบขนาน ซึ่งมีความสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการรบกวนแบบแทรกสอดระหว่างสัญลักษณ์ (Inter Symbol Interference: ISI) ที่เกิดจากปัญหาการเกิดช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทาง (Multipath Channel) ซึ่งสัญญาณที่ออกจากภาคส่งของระบบ OFDM เป็นดังสมการที่ (1)[6]

$$x(t) = \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{j2\pi k \Delta f t} \quad 0 < t < T_s \quad (1)$$

- เมื่อ N :จำนวนของคลื่นพาห์ย่อย
- $\Delta f$  :ระยะห่างระหว่างคลื่นพาห์ย่อยที่ติดกัน
- $T_s$  :คาบเวลาของสัญลักษณ์ OFDM



รูปที่ 1:ระบบการสื่อสารแบบ OFDM ผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

**2.2 แบบจำลองช่องสัญญาณของสายส่งไฟฟ้าแรงสูง**

ภายในโครงข่ายของระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงนั้นจะมีอุปกรณ์ต่ออยู่ในระบบเป็นจำนวนมากและโครงข่ายมีลักษณะเป็นแบบแตกสาขาออกไปหลายทิศทาง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่เข้ากันของค่าความต้านทานขึ้นในระบบ (Impedance Mismatches) จึงทำให้สัญญาณที่ส่งออกไปภายในช่องสัญญาณเกิดการเคลื่อนที่ออกไปหลายทิศทาง (Multipath Propagation) เนื่องจากในขณะที่สัญญาณถูกส่งออกไป จะเกิดการสะท้อนของสัญญาณจากตำแหน่งที่เกิดความไม่เข้ากันของค่าความต้านทานภายในสายส่งเป็นจำนวนมาก ทำให้สัญญาณที่ส่งออกไปเกิดการลดทอนและได้รับความเสียหายจากสัญญาณที่เกิดการสะท้อน [2]

จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้ช่องสัญญาณของระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงมีลักษณะเป็นแบบ “ช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทาง” (Multipath Channel) สำหรับการหาฟังก์ชันเปลี่ยนถ่าย (Transfer Function) ของช่องสัญญาณนั้นสามารถหาได้จากการรวมกันของส่วนของการเคลื่อนที่ของสัญญาณแบบหลายเส้นทางกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการเกิดการลดทอนที่ขึ้นอยู่กับความถี่และความยาวของสายส่งไฟฟ้า ซึ่งฟังก์ชันเปลี่ยนถ่ายที่ได้คือ [1,2]

$$H(f) = \sum_{i=1}^N |g_i(f)| e^{\varphi_{s_i}(f)} e^{-(a_0+a_1 f^k) d_i} e^{-j2\pi f \tau_i} \quad (2)$$

$|g_i(f)| e^{\varphi_{s_i}(f)}$  : Weighting Factor ของเส้นทางที่  $i$   
 $e^{-(a_0+a_1 f^k) d_i}$  : ส่วนที่เกิดการลดทอนของเส้นทางที่  $i$   
 $e^{-j2\pi f \tau_i}$  : ส่วนที่เกิดความล่าช้าของเส้นทางที่  $i$

จากสมการที่ (2) จะอธิบายถึงการเคลื่อนที่ของสัญญาณไปตามแต่ละเส้นทางซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เกิดความล่าช้าของสัญญาณ (Delay Portion) และ ส่วนที่เกิดการลดทอนของสัญญาณ (Attenuation Portion) ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับระยะทางและความถี่ สำหรับค่าของ Weighting Factor  $g_i$  จะประกอบด้วยส่วนที่สะท้อนกลับและส่วนที่ส่งผ่านของสัญญาณในแต่ละเส้นทาง และเนื่องจากในจุดที่เกิดการสะท้อนกลับมีลักษณะเป็นเชิงซ้อนและขึ้นอยู่กับความถี่ ดังนั้นจึงทำให้ค่า  $g_i$  มีค่าเป็นจำนวนเชิงซ้อนและขึ้นอยู่กับความถี่เช่นกัน

จากการทดสอบวัดค่าของฟังก์ชันเปลี่ยนถ่ายที่ได้พบว่าค่าของ Weighting Factor  $g_i$  สามารถทำให้อยู่ในรูปที่ง่ายขึ้นได้ซึ่งยังคงเป็นจำนวนเชิงซ้อนแต่จะไม่ขึ้นกับความถี่ และเมื่อทำการทดสอบหลายๆครั้งพบว่าค่า  $g_i$  มีค่าเป็นจำนวนจริง และจากการทดสอบ โครงข่ายที่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน พบว่าค่า  $g_i$  สามารถที่จะใช้แทนค่า Weighting Factor ของเส้นทางที่  $i$  ได้ ดังนั้นจากสมการที่ (2) จะทำให้ได้ฟังก์ชันเปลี่ยนถ่าย ดังนี้ [1]

$$H(f) = \sum_{i=1}^N g_i \cdot e^{-(a_0+a_1 f^k) d_i} \cdot e^{-j2\pi f (d_i/v_p)} \quad (3)$$

$g_i$  : Weighting Factor ของเส้นทางที่  $i$   
 $e^{-(a_0+a_1 f^k) d_i}$  : ส่วนที่เกิดการลดทอนของเส้นทางที่  $i$   
 $e^{-j2\pi f (d_i/v_p)}$  : ส่วนที่เกิดความล่าช้าของเส้นทางที่  $i$   
 $d_i$  : ระยะทางของเส้นทางที่  $i$   
 $v_p$  : ความเร็วของสัญญาณในสายส่งไฟฟ้า

### 2.3 แบบจำลองของสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนโคโรน่า (Corona Noise) ในระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงนั้นเปรียบเหมือนสัญญาณรบกวนเกาส์เซียนขาว (Gaussian White Noise) รวมกับค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสอง (Root Mean Square: RMS) ของแรงดัน ซึ่งสัญญาณรบกวนโคโรน่านั้นเกิดจากการที่สนามไฟฟ้ารอบสายส่งมีความเครียดสูงกว่าอากาศรอบๆสายส่ง ซึ่งอาจจะเกิดการที่สายส่งมีขบคมหรือความไม่เรียบของตัวนำทำให้ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงขึ้นที่บริเวณดังกล่าว มีผลให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้าแล้วทำให้เกิดการเคลื่อนที่ทำให้เกิดเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนระบบสื่อสาร จึงทำให้เกิดเป็นสัญญาณรบกวนโคโรน่าขึ้นในสายส่งไฟฟ้า [3]

ซึ่งฟังก์ชันทางเวลาของค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของแรงดันของสัญญาณรบกวนโคโรน่า จะเป็นฟังก์ชันรายคาบที่มีคาบเท่ากับคาบของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถประมาณได้เท่ากับฟังก์ชันโคไซน์ 3 ฟังก์ชัน ซึ่งมีคาบเท่ากับ  $T_1 = 1/(3 \cdot 50)$  วินาทีและมีค่าแอมพลิจูดเท่ากับ  $U_{i \max}$  ตามสมการ (4) [3,4,5]

$$U_i(t) = \frac{U_{i \max}}{2} \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T_1} t\right) \right] \quad 0 < t < T_1 \quad (4)$$

ค่าแรงดัน  $U_{i \max}$  คือค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองที่มากที่สุดที่อยู่ในช่วงเฉพาะของเฟส

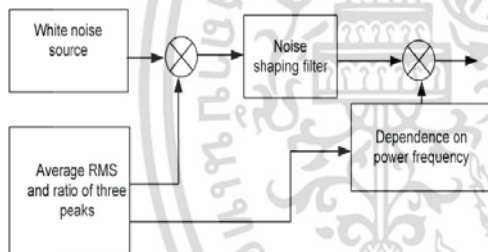
ซึ่งค่าที่ได้นี้จะแตกต่างจากค่าที่วัดได้จริง ซึ่งถ้าพิจารณาจากสมการที่ (4) จะยังไม่ได้มีการรวมสัญญาณรบกวนพื้นฐาน (Continuous Background Noise) ดังนั้นเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงและเพื่อที่จะทำให้แบบจำลองมีความถูกต้องและแม่นยำจึงต้องเพิ่มสัญญาณรบกวนพื้นฐาน  $U_{\min}$  ในสมการ (4)

$$U_i(t) = \frac{U_{i \max} - U_{\min}}{2} \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T_1} t\right) \right] + U_{\min} \quad 0 < t < T_1 \quad (5)$$

สัญญาณรบกวนโคโรน่าและสัญญาณรบกวนพื้นฐานนั้น สามารถสังเคราะห์ได้จากการรบกวนสัญญาณรบกวน

ขาว แล้วนำมาคูณกับฟังก์ชัน  $U_i(t)$  ตามรูปที่ 2 ซึ่งฟังก์ชัน  $U_i(t)$  นี้สร้างได้จากบล็อกไดอะแกรมค่าเฉลี่ยของค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสอง และค่าของอัตราส่วนของจุดที่สูงที่สุด 3จุด ซึ่งบล็อกไดอะแกรมนี้จะให้ค่าออกมา 2 ค่า ซึ่งค่าแรกก็คือค่าเฉลี่ยของค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของสัญญาณรบกวนโคโรน่า ซึ่งจะถูกนำไปคูณกับสัญญาณรบกวนขาว ส่วนค่าที่สองคือค่าสัมพัทธ์ของแอมพลิจูดของสัญญาณรบกวน โคโรน่า  $U_{imax}$  ในช่วงเฉพาะของเฟสซึ่งจะถูกนำเวลาออกไปเพื่อนำไปป้อนเข้าสู่บล็อกไดอะแกรมที่ขึ้นอยู่กับความถี่ของกระแสไฟฟ้า และสำหรับตัวกรองสัญญาณรบกวนนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (6)[4,5]

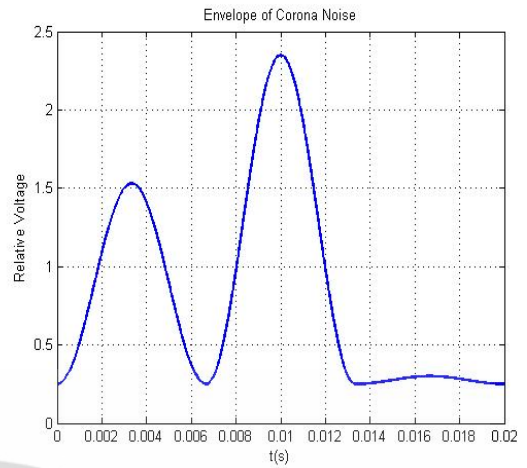
$$H(z) = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n a_i z^{-i}} \quad (6)$$



รูปที่2: การสังเคราะห์สัญญาณรบกวนโคโรน่าและสัญญาณรบกวนพื้นฐาน

### 3. การทดสอบ

การทดสอบนี้จะทดสอบประสิทธิภาพของระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงซึ่งมีช่องสัญญาณเป็นแบบหลายเส้นทาง (Multipath Channel) และมีสัญญาณรบกวนโคโรน่า (Corona Noise) ซึ่งสำหรับสัญญาณรบกวนโคโรน่านี้มีค่าแรงดันสัมพัทธ์ของสัญญาณรบกวน ดังนี้  $U_{imax}/U_{RMS}=1.53$ ,  $U_{2max}/U_{RMS}=2.35$  และ  $U_{3max}/U_{RMS}=0.3$  และมีค่าของสัญญาณรบกวนพื้นฐาน  $U_{min}=0.25$  [3,5] และเมื่อพิจารณาตามสมการที่ (5) จะได้ว่ารูปร่างของสัญญาณรบกวนโคโรน่า มีรูปร่าง ดังรูปที่ 3

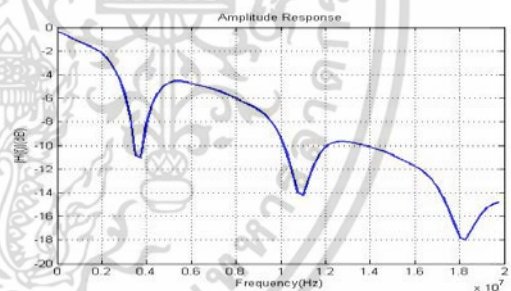


รูปที่3: สัญญาณรบกวนโคโรน่า

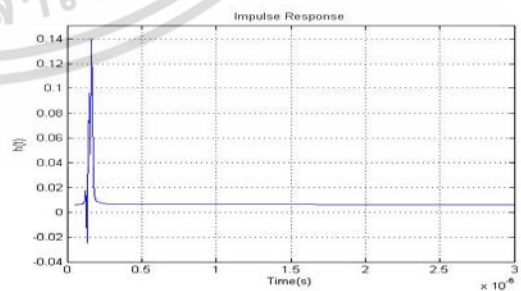
Attenuation Parameters					
k=1		a <sub>0</sub> =0		a <sub>1</sub> =7.8x10 <sup>-10</sup>	
Path Parameters					
i	g <sub>i</sub>	d/m	i	g <sub>i</sub>	d/m
1	0.64	200	3	-0.15	244.8
2	0.38	222.4	4	0.05	267.5

ตารางที่1: แสดงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองของช่องสัญญาณ

แบบหลายเส้นทางจำนวน 4 เส้นทาง



(a)



(b)

รูปที่4: ช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางจำนวน 4 เส้นทาง

(a) Amplitude Response (b) Impulse Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับช่องสัญญาณของระบบสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่จะใช้ทดสอบในบทความนี้ ช่องสัญญาณแบบแรกจะมีระยะห่างระหว่างภาคส่งและภาครับเท่ากับ 200 เมตรและมีจุดเชื่อมต่ออยู่ 1 เส้นทาง ซึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์ตามตารางที่ 1 นั่นคือมีจำนวนของเส้นทางของสัญญาณภายในช่องสัญญาณอยู่ 4 เส้นทาง [1] และเมื่อพิจารณาตามสมการที่ (3) จะได้ผลตอบสนองของช่องสัญญาณดังกล่าวแสดงตามรูปที่ 4

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณที่มีจำนวนเส้นทาง 4 เส้นทาง ตามรูปที่ 4 ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้การมอดดูเลชันแบบ 4-PSK และ 4-QAM จากรูปจะพบว่าการมอดดูเลชันแบบ 4-QAM มีประสิทธิภาพดีกว่า โดยเมื่อพิจารณาที่ค่า SNR เท่ากันจะมีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดความผิดพลาดน้อยกว่าการมอดดูเลชันแบบ 4-PSK และเมื่อทดสอบโดยการนำการมอดดูเลชันแบบ OFDM มาใช้เพื่อทดสอบการลดผลกระทบที่เกิดจากช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทาง พบว่าในช่วงแรกที่ค่า SNR มีค่าน้อย จะมีประสิทธิภาพแย่กว่าการมอดดูเลชันแบบธรรมดา นั่นคือค่าความน่าจะเป็นในการเกิดความผิดพลาดมีค่ามากกว่า แต่เมื่อค่า SNR เพิ่มมากขึ้น จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า จากรูปที่ 6 จะพบว่าการมอดดูเลชันแบบ OFDM จะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อค่า SNR มีค่ามากกว่า 10 dB เป็นต้นไป

สำหรับช่องสัญญาณที่จะนำมาใช้ทดสอบอีกแบบมีระยะห่างระหว่างภาคส่งและภาครับเท่ากับ 110 เมตร และมีจุดเชื่อมต่ออยู่ 6 เส้นทาง ซึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์แสดงตามตารางที่ 2 [1] นั่นคือจะเกิดเส้นทางของสัญญาณภายในช่องสัญญาณจำนวน 15 เส้นทาง เมื่อพิจารณาตามสมการที่ (3) จะได้ผลตอบสนองของช่องสัญญาณแสดงตามรูปที่ 5

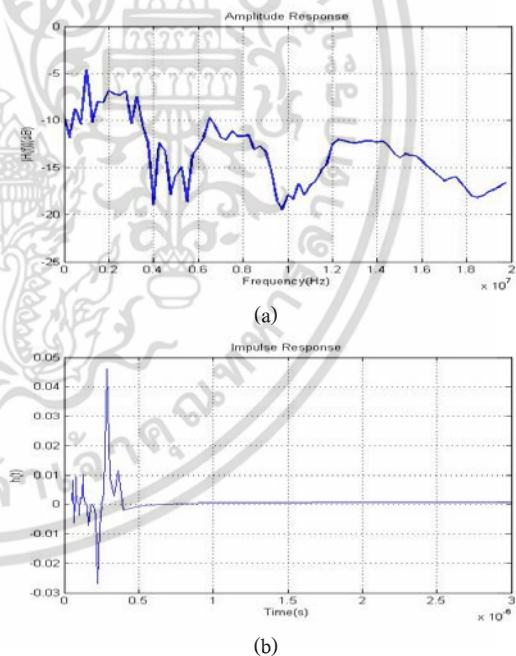
รูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณตามรูปที่ 5 โดยใช้การมอดดูเลชันเช่นเดียวกับรูปที่ 6 จากรูปพบว่าการมอดดูเลชันแบบ 4-QAM ให้ประสิทธิภาพดีกว่าการมอดดูเลชันแบบ 4-PSK เช่นเดียวกับรูปที่ 6 และเมื่อใช้การมอดดูเลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ OFDM ก็ให้ผลเช่นเดียวกับรูปที่ 6 นั่นคือการมอดดูเลชันแบบ OFDM จะมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อค่า SNR มีค่ามากกว่า 28 dB เป็นต้นไป แต่การดีซิงนี้จะน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบตามรูปที่ 6

Attenuation Parameters					
k=1		$a_0=0$		$a_1=7.8 \times 10^{-10}$	
Path Parameters					
i	$g_i$	d/m	i	$g_i$	d/m
1	0.029	90	9	0.071	411
2	0.043	102	10	-0.035	490
3	0.103	113	11	0.065	567
4	-0.058	143	12	-0.055	740
5	-0.045	148	13	0.042	960
6	-0.040	200	14	-0.059	1130
7	0.038	260	15	0.049	1250
8	-0.038	322			

ตารางที่ 2: แสดงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองของช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางจำนวน 15 เส้นทาง

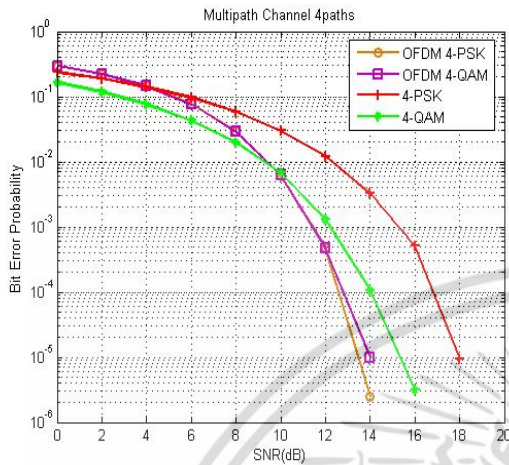


รูปที่ 5: ช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางจำนวน 15 เส้นทาง

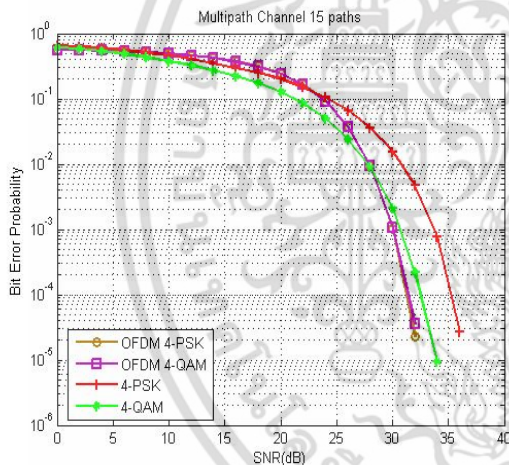
(a) Amplitude Response (b) Impulse Response

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างรูปที่ 6 และรูปที่ 7 พบว่าประสิทธิภาพของระบบจากรูปที่ 6 มีประสิทธิภาพดีกว่ารูปที่ 7 นั่นคือถึงแม้ระยะทางระหว่างภาคส่งและภาครับจะน้อยลงแต่ถ้ามีจำนวนจุดเชื่อมต่อ

ระหว่างภาคส่งและภาครับมากขึ้น จะทำให้เกิดจำนวนเส้นทางการสัญญาณภายในช่องสัญญาณมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง



รูปที่6: ความน่าจะเป็นในการเกิดความผิดพลาดของช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางจำนวน 4 เส้นทาง



รูปที่7: ความน่าจะเป็นในการเกิดความผิดพลาดของช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางจำนวน 15 เส้นทาง

#### 4.สรุป

บทความนี้ได้แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของการสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง จากการทดสอบพบว่าจำนวนจุดเชื่อมต่อระหว่างภาคส่งและภาครับเป็นปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการลดทอนภายในระบบมากกว่าระยะห่างระหว่างภาคส่งและภาครับ เนื่องจากจะเกิดจุดที่มีความไม่เข้ากันของค่าความต้านทานมากขึ้น และเมื่อนำเทคนิคการมอดูเลชั่นแบบ OFDM มาใช้พบว่าในช่วงที่ค่า SNR มีค่าต่ำจะมีประสิทธิภาพแย่กว่าการ

มอดูเลชั่นแบบธรรมดา แต่เมื่อค่า SNR มีค่าเพิ่มมากขึ้นก็จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า นั่นคือการมอดูเลชั่นแบบ OFDM สามารถนำมาใช้สำหรับลดผลกระทบจากช่องสัญญาณแบบหลายเส้นทางของการสื่อสารผ่านส่งไฟฟ้าแรงสูงได้เมื่อค่า SNR มีค่ามากขึ้น

#### 5.เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Zimmermann, K. Dostert, "A Multipath Model for the Powerline Channel," IEEE Transactions on Communication, Vol.50, No.4., pp.553-559, April, 2002.
- [2] C. Konate, M. Machmoum, J. F. Diouris, "Multi path Model for Power Line Communication Channel in the Frequency Range of 1MHz-30MHz," EUROCON 2007 The International Conference on "Computer as a Tool", Warsaw, Poland, Sept. 9-12, 2007, pp.984-989.
- [3] N. Suljanovic, A. Mujeie, M. Zajc, J. F. Tasic, "Corona noise characteristics in high voltage PLC channel," ICIT 2003, Manbor, Slovenia, pp.1036-1039, 2003.
- [4] A. Mujeie, N. Suljanovic, M. Zajc, J. F. Tasic, "Power line noise model appropriate for investigation of channel coding methods," EUROCON 2003, Ljubljana, Slovenia, pp.299-303, 2003.
- [5] A. Mujeie, N. Suljanovic, M. Zajc, J. F. Tasic, "Corona noise on the 400kV overhead power line-measurements and computer modeling," Electrical Engineering Journal, Springer Berlin, Vol.86, No.2., pp.61-67, Jan., 2004.
- [6] F. Tlili, F. Rouissi, A. Ghazel, "Precoded OFDM For Power Line Broadband Communication," IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol.2, pp. 109-112, May, 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้