สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แบบจำลองของเครื่องวัดไฟกะพริบตามมาตรฐาน IEC 61000-4-15

แบบจำลองของเครื่องวัดไฟกะพริบสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วน ส่วนแรกจะเป็นการสเกลแรงดันขาเข้าและจำลองผลตอบสนองของหลอดไฟ - ตา - สมอง ส่วนที่สองจะเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติและการแสดงผลลัพธ์ แบบจำลองของเครื่องวัดไฟกะพริบจะอธิบายตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 โดยที่ส่วนแรกจะทำตามบล็อกที่ 2, 3 และ 4 ขณะที่ส่วนที่สองจะทำตามบล็อกที่ 5

3.1 บล็อกที่ 1 วงจรตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบและการปรับค่าแรงดันขาเข้า

บล็อกนี้ประกอบด้วยการสร้างสัญญาณในการตรวจสอบเปรียบเทียบเครื่องวัดไฟกะพริบและการปรับค่าแรงดันเพื่อจะสเกลค่าแรงดันขาเข้าที่ความถี่หลักมูลให้ต่ำลงเทียบกับแรงดันอ้างอิง

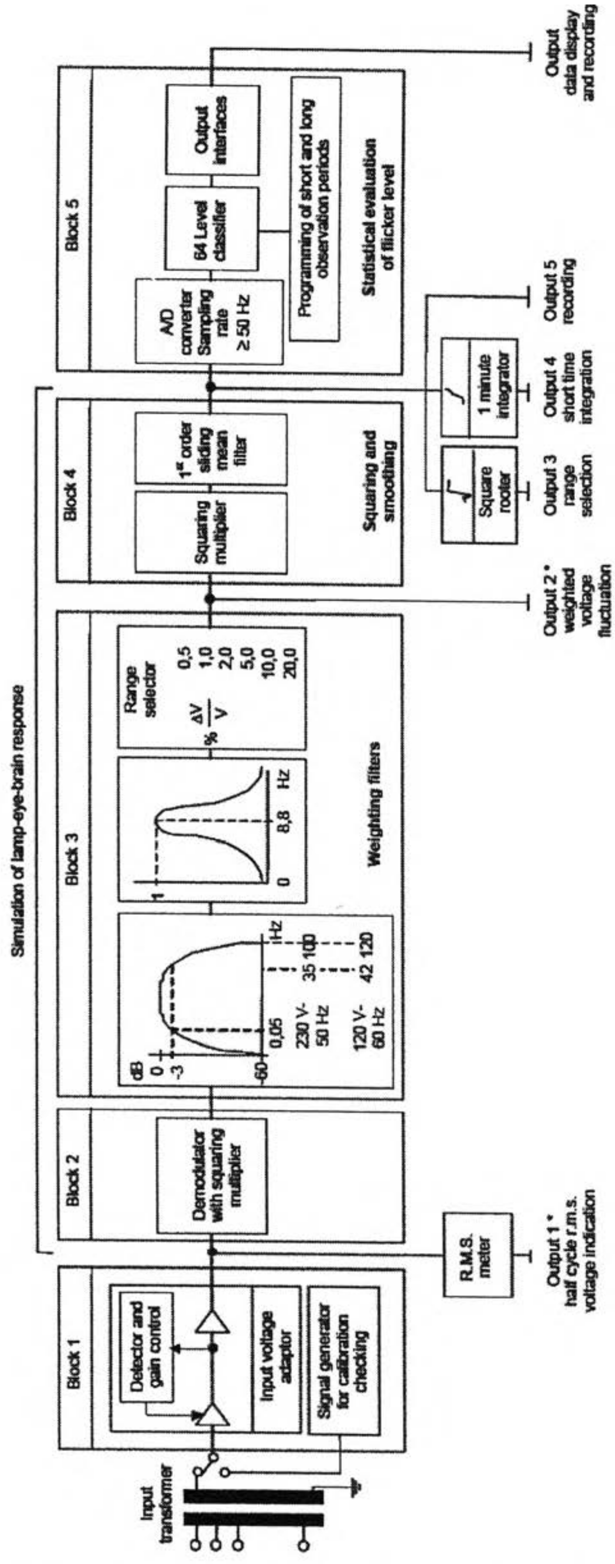
3.2 บล็อกที่ 2 การยกกำลังสอง

บล็อกนี้จะนำค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันมายกกำลังสอง (Squaring) ที่ถูกสเกลกับแรงดันอ้างอิงแล้ว ดังนั้นในบล็อกนี้เป็นการจำลองพฤติกรรมของหลอดไฟชนิดหลอดไส้

3.3 บล็อกที่ 3 ตัวกรอง

บล็อกที่ 3 ประกอบด้วยตัวกรอง 3 ตัวที่ต่ออนุกรมกัน โดยที่ตัวกรองสองตัวแรกเป็นตัวกรองแบบ Band-pass ที่มีหน้าที่ขจัดองค์ประกอบดีซีและองค์ประกอบที่มีความถี่เป็นสองเท่าของความถี่หลักมูลซึ่งออกมาจากบล็อกที่ 2

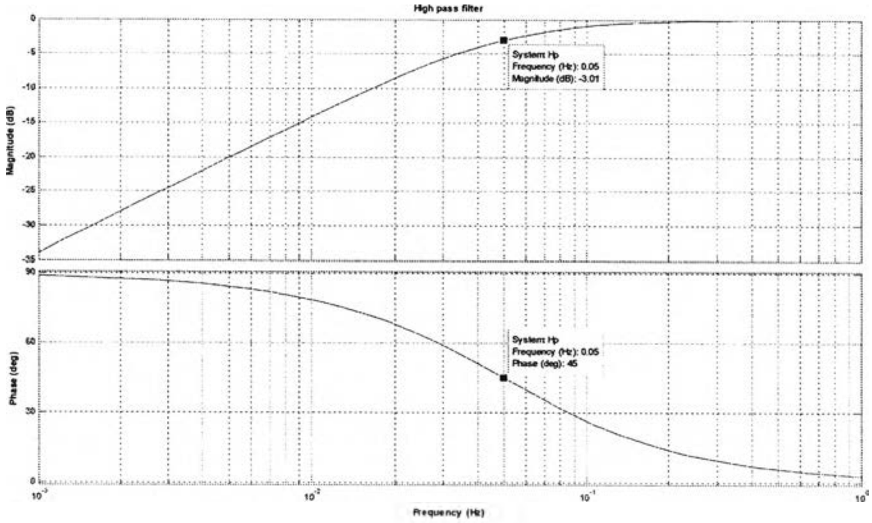
ตัวกรองตัวแรกเป็นตัวกรองความถี่สูงอันดับ 1 (First order high-pass filter) มี Cut-off frequency ที่ความถี่ประมาณ 0.05 Hz ซึ่งมีฟังชั่นถ่ายโอนตามสมการ (3.1) และคุณลักษณะของตัวกรองความถี่สูงอันดับ 1แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดไฟกะพริบตามมาตรฐาน IEC 61000-4-15

$$F(s) = \frac{\frac{s}{\omega_c}}{1+\frac{s}{\omega_c}} \tag{3.1}$$

โดยที่ $\omega_c = 2\times\pi\times0.05$ rad/s



รูปที่ 3.2 คุณลักษณะของตัวกรองความถี่สูงอันดับ 1

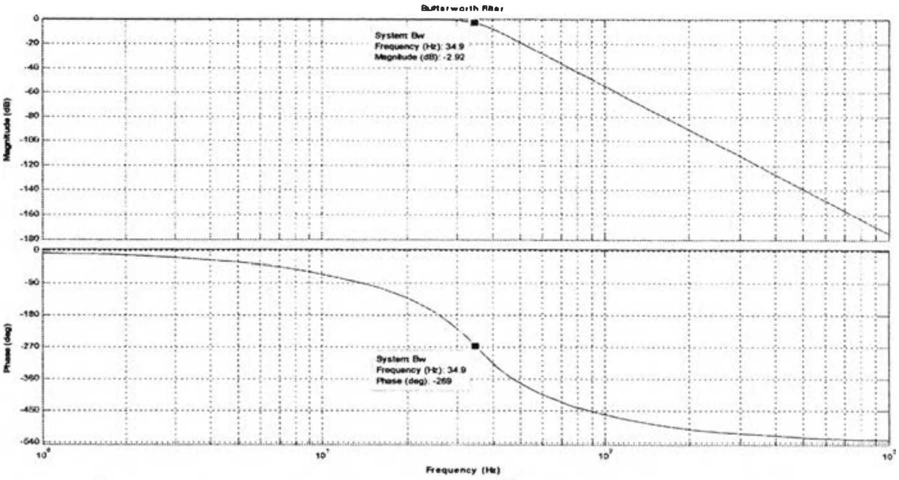
ตัวกรองที่สองเป็นตัวกรองความถี่ต่ำชนิด Butterworth อันดับ 6 มี Cut-off frequency ที่ความถี่ 35 Hz สำหรับระบบ 230 V/50 Hz และที่ความถี่ 42 Hz สำหรับระบบ 120 V/60 Hz มีฟังชั่นถ่ายโอนตามสมการ (3.2) และคุณลักษณะของตัวกรองความถี่ต่ำชนิด Butterworth อันดับ 6 สำหรับระบบ 230 V/50 Hz แสดงในรูปที่ 3.3 และระบบ 120 V/60 Hz แสดงในรูปที่ 3.4

$$F(s) = \frac{1}{1+b_1\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^1+b_2\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2+b_3\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^3+b_4\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^4+b_5\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^5+b_6\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^6} \tag{3.2}$$

โดยที่ สำหรับระบบ 230 V/50 Hz $\omega_c = 2\times\pi\times35$ rad/s

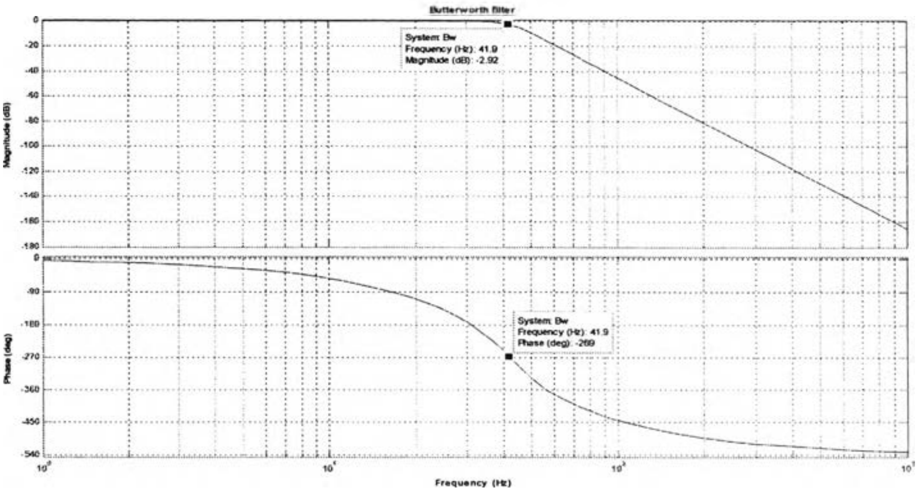
สำหรับระบบ 120 V/60 Hz $\omega_c = 2\times\pi\times42$ rad/s

$b_1 = 3.864$, $b_2 = 7.464$, $b_3 = 9.141$, $b_4 = 7.464$, $b_5 = 3.864$, $b_6 = 1$



รูปที่ 3.3 คุณลักษณะของตัวกรองความถี่ต่ำชนิด Butterworth อันดับ 6

สำหรับระบบ 230 V/50 Hz



รูปที่ 3.4 คุณลักษณะของตัวกรองความถี่ต่ำชนิด Butterworth อันดับ 6

สำหรับระบบ 120 V/60 Hz

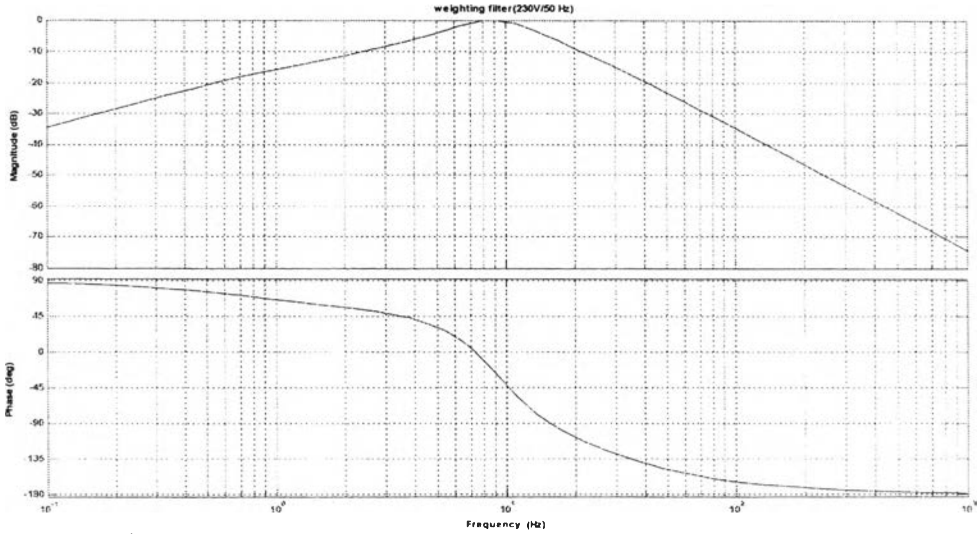
ตัวกรองสุดท้ายเป็นตัวกรอง Weighting ซึ่งจะแสดงระบบตา - สมองต่อไฟกะพริบซึ่งฟังก์ชั่นถ่ายโอนของตัวกรอง Weighting ตามสมการ (3.3) และคุณลักษณะของตัวกรอง Weighting สำหรับระบบ 230 V/50 Hz แสดงในรูปที่ 3.5 และระบบ 120 V/60 Hz แสดงในรูปที่ 3.6

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \times \frac{1 + s/\omega_2}{(1 + s/\omega_3)(1 + s/\omega_4)} \tag{3.3}$$

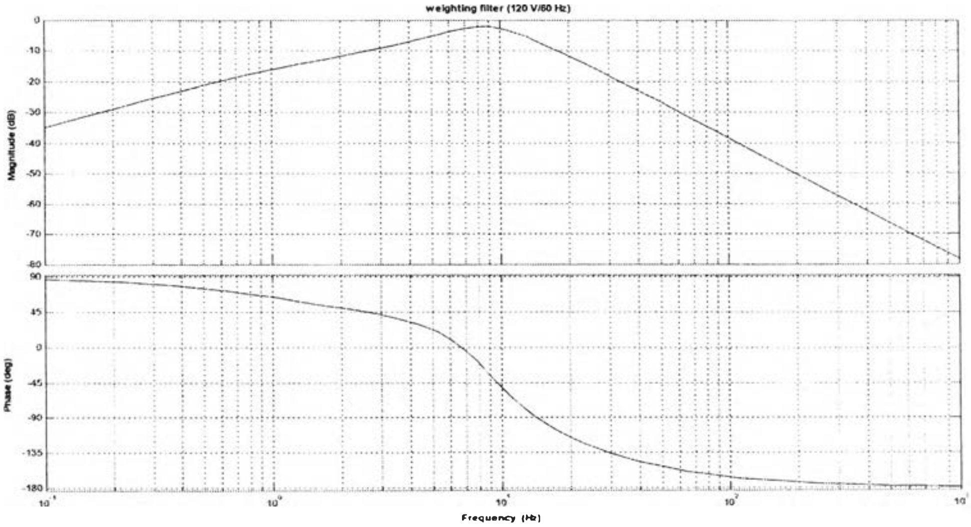
โดยที่ s เป็นตัวแปรลาปลาส

ตารางที่ 3.1 ค่าตัวแปรในสมการที่ (3.3)

ตัวแปร	ระบบ 230V / 50Hz	ระบบ 120V / 60Hz
k	1.74802	1.6357
λ	$2\pi 4.05981$	$2\pi 4.167375$
ω_1	$2\pi 9.15494$	$2\pi 9.077169$
ω_2	$2\pi 2.27979$	$2\pi 2.939902$
ω_3	$2\pi 1.22535$	$2\pi 1.22535$
ω_4	$2\pi 21.9$	$2\pi 17.31512$



รูปที่ 3.5 คุณลักษณะของตัวกรอง Weighting สำหรับระบบ 230 V/50 Hz



รูปที่ 3.6 คุณลักษณะของตัวกรอง Weighting สำหรับระบบ 120 V/60 Hz

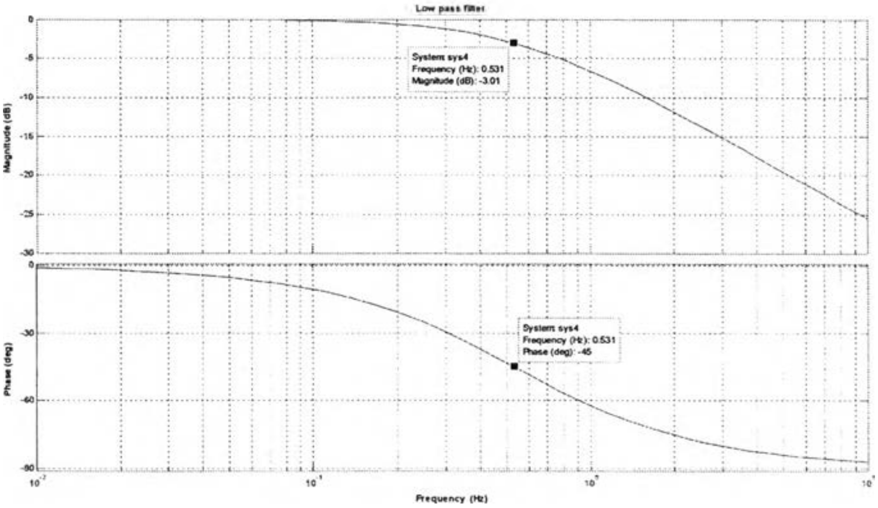
3.4 บล็อกที่ 4 ตัวคูณยกกำลังสอง และตัวกรอง Sliding

บล็อกที่ 4 เป็นตัวคูณยกกำลังสองและตัวกรอง Sliding ตัวคูณยกกำลังสองจะทำการยกกำลังสองของสัญญาณไฟกะพริบที่ผ่านตัวกรอง Weighting ซึ่งเป็นการจำลองความไม่เป็นเชิงเส้นของตาและสมอง ส่วนตัวกรอง Sliding เป็นการจำลองการเก็บค่าไฟกะพริบของสมอง

กระบวนการ Sliding เป็นตัวกรองความถี่ต่ำอันดับ 1 และมีค่าคงที่เวลาเท่ากับ 300 ms และมีฟังชั่นถ่ายโอนตามสมการ (3.4) และคุณลักษณะของตัวกรองความถี่ต่ำอันดับ 1 แสดงในรูปที่ 3.7

$$F(s) = \frac{1}{1+s\tau} \tag{3.4}$$

โดยที่ $\tau = 300$ ms



รูปที่ 3.7 คุณลักษณะของตัวกรองความถี่ต่ำอันดับ 1

3.5 บล็อกที่ 5 กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติ

บล็อกที่ 5 จะทำการวิเคราะห์สัญญาณขาออกจากบล็อกที่ 4 ในรูปแบบดิจิตอล ซึ่งควรใช้อย่างน้อย 6 บิตและในการหา Cumulative probability function (CPF) ควรคลาสออกเป็น 64 คลาส (ขนาดของ Bin size)

3.5.1 การคำนวนดรรชนีไฟกะพริบระยะสั้น (Short-term flicker evaluation, P_{st})

การคำนวนดรรชนีไฟกะพริบระยะสั้น (P_{st}) จะวัดเป็นคาบเวลา คาบละ 10 นาที โดยใช้สมการในการคำนวณดังนี้

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_{1s} + 0.0657P_{3s} + 0.28P_{10s} + 0.08P_{50s}} \quad (3.5)$$

โดยที่ $P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}$ และ P_{50} เป็นค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ได้จากการหา CPF ที่ 0.1, 1, 3, 10 และ 50 % ตัวลงท้าย s ในสมการเป็นการทำให้ค่าเรียบขึ้นโดยใช้สมการในการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} P_{50s} &= (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3 \\ P_{10s} &= (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5 \\ P_{3s} &= (P_{2.2} + P_3 + P_4)/3 \\ P_{1s} &= (P_{0.7} + P_1 + P_{1.5})/3 \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.5.2 **การคำนวนดรรชนีไฟกะพริบระยะยาว**

(Long-term flicker evaluation, P_{lt})

ค่าดรรชนีไฟกะพริบระยะสั้นจะเหมาะสมกับการประเมินการรบกวนของแหล่งกำเนิดแรงดันกระเพื่อมเพียงแหล่งเดียวและเกิดในช่วงเวลาสั้น ถ้ามีแหล่งกำเนิดแรงดันกระเพื่อมหลายแหล่งและเกิดในช่วงเวลานานจะพิจารณาเป็นค่าดรรชนีไฟกะพริบระยะยาว (P_{lt}) ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{N} P_{sti}^3}{N}} \quad (3.7)$$

โดยที่ $P_{sti}(i = 1,2,3,...)$ เป็นค่าที่อ่านได้จากค่าดรรชนีไฟกะพริบระยะสั้น (P_{st}) และมาตรฐานแนะนำให้ใช้ $N = 12$

3.6 **ขาออก**

แบบจำลองของเครื่องวัดไฟกะพริบตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 แสดงจำนวนขาออกตั้งแต่ขาออกที่ 1 ถึง 5 ขาออกจะทำสัญลักษณ์เครื่องหมายดอกจันซึ่งอาจจะไม่จำเป็นในการออกแบบเครื่องมือวัดไฟกะพริบแต่อาจช่วยในการตรวจสอบการทำงานแต่ละบล็อกได้

3.6.1 **ขาออกที่** 1

ขาออกที่ 1 เป็นการแสดงค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสซึ่งสามารถหาได้จากการยกกำลังสองและการอินทิเกรตระหว่างศูนย์ถึงแต่ละครึ่งไซเคิลและการถอดรากของสัญญาณออกมา

3.6.2 **ขาออกที่** 2

ขาออกที่ 2 เป็นการตรวจสอบการผลตอบสนองของบล็อกที่ 3

3.6.3 ขาออกที่ 3

ขาออกที่ 3 เป็นการแสดงค่าสัญญาณไฟกะพริบชั่วขณะที่ออกมาจากบล็อกที่ 4 ซึ่งขาออกนี้สามารถใช้ในการเลือกช่วงของการวัดที่เหมาะสม โดยใช้การมอดูเลตด้วยรูปคลื่นไซน์ที่ความถี่ 8.8 Hz

3.6.4 ขาออกที่ 4

ขาออกที่ 4 เป็นการแสดงค่าอินทิเกรตของสัญญาณไฟกะพริบชั่วขณะภายใน 1 นาที

3.6.5 ขาออกที่ 5

ขาออกที่ 5 เป็นการแสดงค่าสัญญาณไฟกะพริบชั่วขณะและมีการบันทึกด้วย

3.6.6 ขาออกที่ 6

ขาออกที่ 6 เป็นการแสดงผลดรรชนีไฟกะพริบระยะสั้นและระยะยาวพร้อมทั้งบันทึกค่าดรรชนีไฟกะพริบด้วย