หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ผลการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออก ต่อการเปลี่ยนแปลง V_{dc}, f_S, L, และ C_{ig}

3.1 บทนำ

ในบทที่ 2 ได้อธิบายถึงโครงสร้าง, หลักการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์, นิยามทั่วไปของความไว, ตัวแปรที่จะศึกษาและสมการความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆได้แก่ แรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S), ค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) บทนี้จะนำเสนอการหาจุดทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์, การหาค่าอุปกรณ์ของวงจรที่พิกัด และผลการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S), ค่าความเหนี่ยวนำ(L), และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัดแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) 3 ค่า คือ 230 V, 280 V, และ350 V ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

3. 2 การหาจุดทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

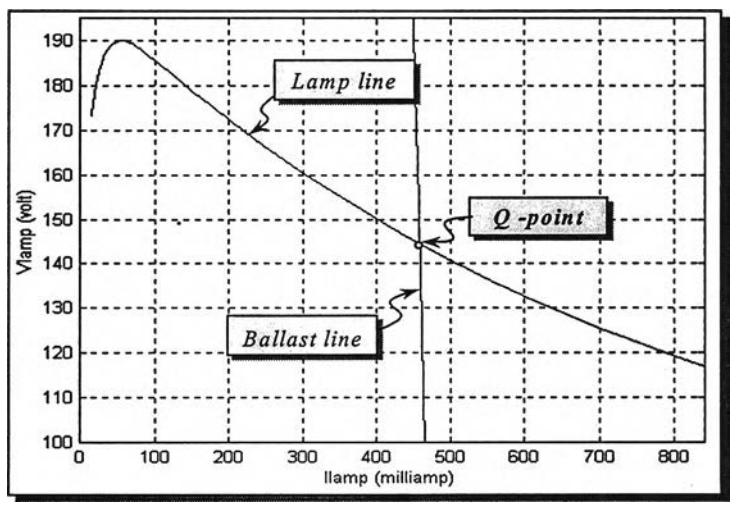
การหาจุดทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์อนุกรมที่ต่อโหลดขนานโดยโหลดเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีค่าความต้านทานสมมูล(R_{lamp}) เป็นฟังก์ชั่นไม่เชิงเส้น(non-linear) ของกระแสที่ไหลผ่านหลอด(I_{lamp}) และแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) ดังนั้นการหาจุดทำงานของวงจรจะใช้วิธีทางกราฟ ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสออก(I_B) และแรงดันออก(V_B) ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ดังสมการที่ 3.1 และ3.2 ซึ่งเรียกว่า Ballast Line และความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ไหลผ่านหลอด(I_{lamp}) และแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) ดังสมการที่ 3.3 ซึ่งเรียกว่า Lamp Line ดังแสดงในรูปที่ 3.1

$$V_B = \frac{V_S}{\sqrt{\left[1 - LC_{ig}\left(2\pi f_s\right)^2\right]^2 + \left(\frac{2\pi f_s L}{R}\right)^2}} \qquad (3.1)$$

$$I_B = \frac{V_S}{R\sqrt{\left[1 - LC_{ig}\left(2\pi f_s\right)^2\right]^2 + \left(\frac{2\pi f_s L}{R}\right)^2}} \quad (3.2)$$

$$V_{lamp} = F\left(I_{lamp}\right) \quad (3.3)$$

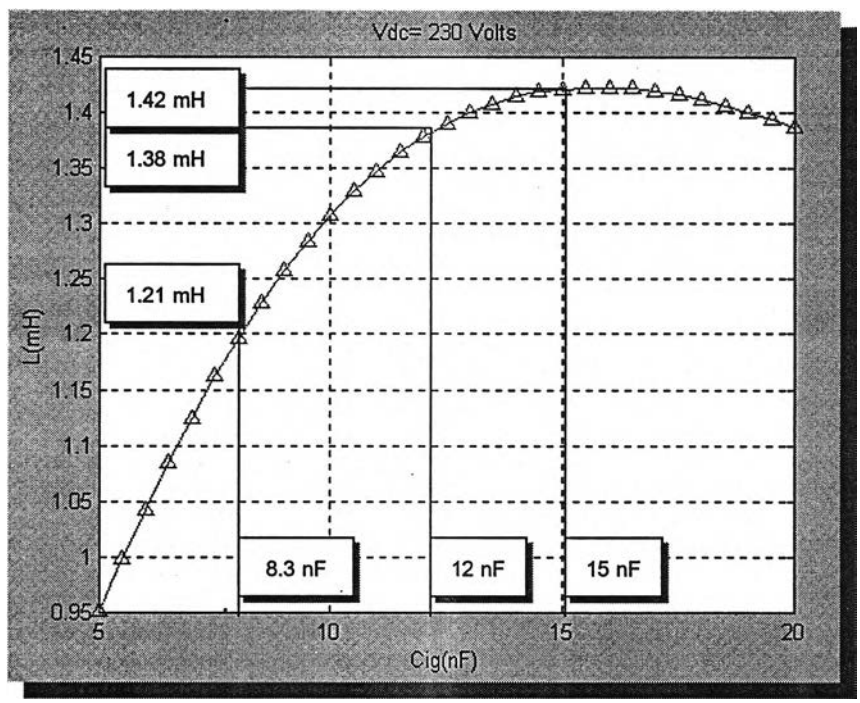
การหากราฟลักษณะสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เมื่อได้มีการออกแบบค่าอุปกรณ์วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เรียบร้อยแล้ว สามารถหาได้โดยคงค่าความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S)ไว้ค่าๆหนึ่ง และเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) (หรือคงค่าแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc})ไว้ค่าๆหนึ่ง และเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S)) แล้ววัดกระแสผ่านหลอด(I_{lamp})และแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) จะได้กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสผ่านหลอด(I_{lamp}) และแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) ซึ่งเรียกว่า Lamp Line ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และส่วนการเขียน Ballast Line จะใช้จากสมการที่ 3.1 และ 3.2 โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน(R) ในสมการที่ 3.1 และ3.2 และคงค่าความถี่การทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S), และแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc})ที่ค่าๆ หนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสออก(I_B) และแรงดันออก(V_B) ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับความต้านทาน(R) ค่าต่างๆ คือ Ballast Line จุดตัดระหว่าง Ballast Line กับ Lamp Line จะเป็นจุดทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเลกทรอนิกส์ที่มีโหลดเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังในรูปที่ 3.1



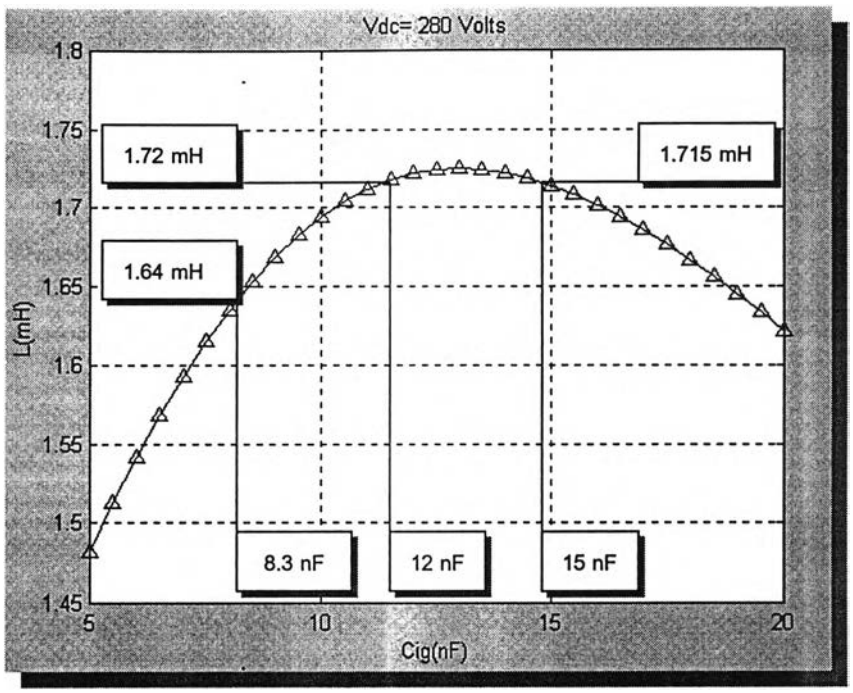
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Ballast Line) และของหลอดฟลูออเรสเซนต์(Lamp Line) ที่ใช้สำหรับหาจุดทำงานของวงจร

3.3 <u>การหาค่าอุปกรณ์ของวงจรที่พิกัด</u>

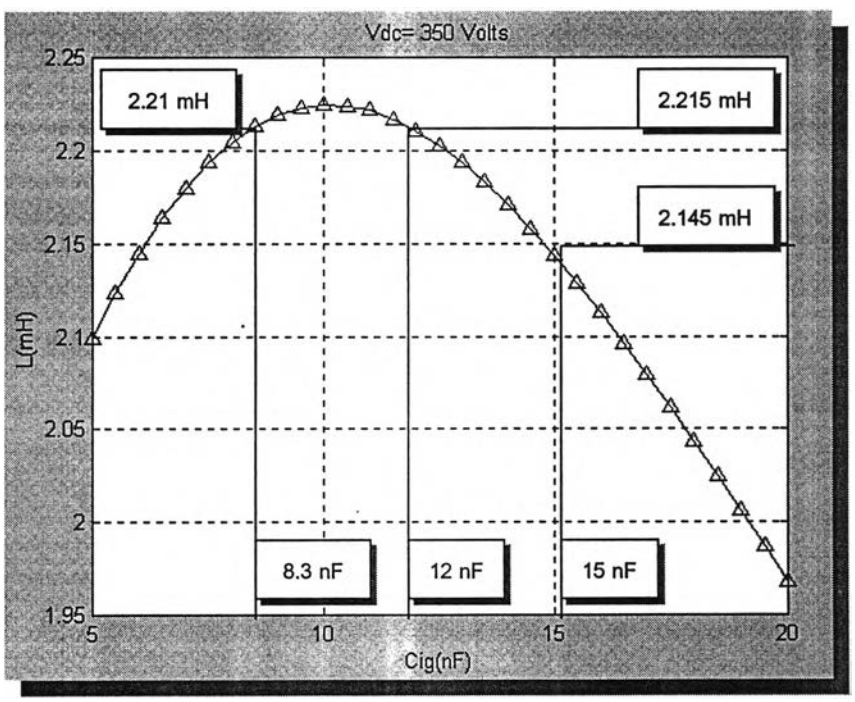
ก่อนการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S), ค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C_{ig})ต้องออกแบบอุปกรณ์ของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่พิกัดก่อน (ไพศาล บุญเจียม, 2543)โดยอาศัยสมการของ Ballast Line ตามสมการที่ 3.1 และ3.2 เพื่อหาค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) วิทยานิพนธ์นี้จะออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับพิกัดแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) 3 ค่า คือ 230 V, 280 V และ350 V โดยจะเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่ให้กำลังออกพิกัด สำหรับพิกัดแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) 3 ค่า คือ 230 V, 280 V และ350 V ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S) เท่ากับ 33 kHz ดังรูปที่ 3.2 ถึง 3.4 ตามลำดับ การเลือกใช้ค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})ที่ให้กำลังออกเท่ากับพิกัดจากกราฟ รูปที่ 3.2 ถึง 3.4 พิจารณาจากค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่มีจำหน่ายทั่วไปเป็นเกณฑ์ ค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่ได้ แสดงใน ตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำ(L)กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัด V_{dc}= 230 V, f_S= 33 kHz, P_{lamp}= 32 W



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำ(L)กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})
ที่พิกัด V_{dc}= 280 V, f_S= 33 kHz, P_{lamp}= 32 W



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำ(L)กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})
ที่พิกัด V_{dc}= 350 V, f_S= 33 kHz, P_{lamp}= 32 W

ตารางที่ 3.1 ค่าอุปกรณ์ของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่พิกัด

V_{dc}(volts)	f_s(kHz)	L(mH)	C_{ig}(nF)	f_s/f_r	R_{lamp}/R_O
230	33	1.21	8.3	0.6570	81.8469
		1.38	12	0.8437	92.1529
		1.42	15	0.9569	101.5698
280	33	1.64	8.3	0.7649	70.3021
		1.72	12	0.9419	82.5431
		1.715	15	1.0516	92.4200
350	33	2.21	8.3	0.8880	60.5620
		2.215	12	1.0689	72.7370
		2.145	15	1.1761	82.6391

จากค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุ(C_{ig}) ที่คำนวณได้สำหรับพิกัดแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) 3 ค่า คือ 230 V, 280 V และ350 V จะนำไปใช้สำหรับคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s), ค่าความเหนี่ยวนำ(L), และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ตามลำดับ จะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.4 ผลการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc})

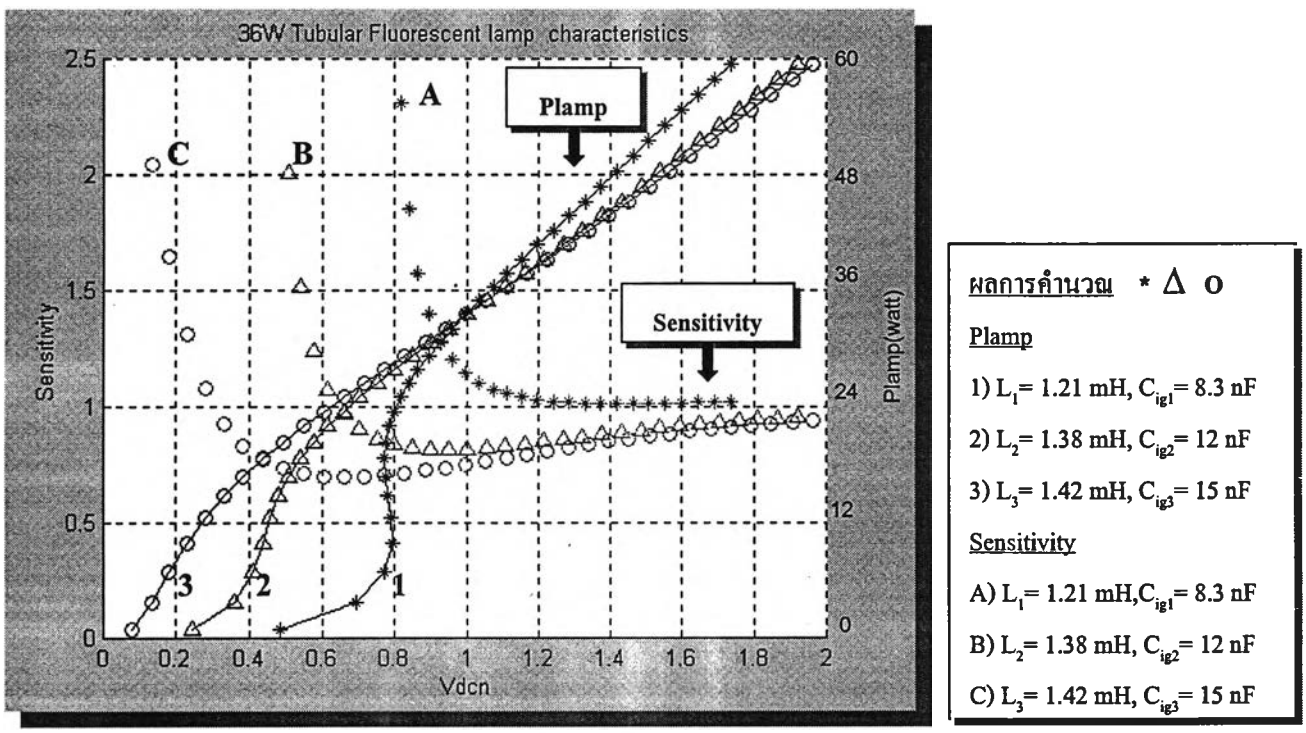
เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า V_S ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังที่หลอด และค่าความต้านทานหลอด(R_{lamp}) การคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) เริ่มจากการกำหนดค่ากระแสผ่านหลอด (I_{lamp}) และคำนวณหาค่าแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) จากสมการที่ 2.1 จากค่าI_{lamp} และ V_{lamp} จะคำนวณหาค่าความต้านทานหลอด $\left(R_{lamp} = \frac{V_{lamp}}{I_{lamp}} \right)$ และกำลังออก $\left(P_{lamp} = V_{lamp} I_{lamp} \right)$ จากค่าที่กำหนดของความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s), ค่าความเหนี่ยวนำ(L), และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่มีค่าตามตารางที่ 3.1 สามารถหาค่าแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) ได้จากสมการที่ 3.4 (ดูรายละเอียดการคำนวณจากภาคผนวก ข.1)

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}}{2}\pi V_{lamp}\sqrt{\left(1-f_n^2\right)^2+\left(\frac{R_O}{R_{lamp}}\right)^2 f_n^2} \qquad (3.4)$$

เมื่อ $$R_O = \sqrt{\frac{L}{C_{ig}}} \qquad (3.5)$$

$$f_n = f_S 2\pi\sqrt{LC_{ig}} \qquad (3.6)$$

นำค่าของ f_n, V_{lamp}, V_{dc}, และP_{lamp} ที่ได้ มาคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) ตามสมการที่ 2.10 แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก (P_{lamp}) กับแรงดันไฟตรงด้านเข้าปทัสถาน(V_{dcn}) โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลที่ได้แสดงดังในรูปที่ 3.5 ถึง 3.7



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

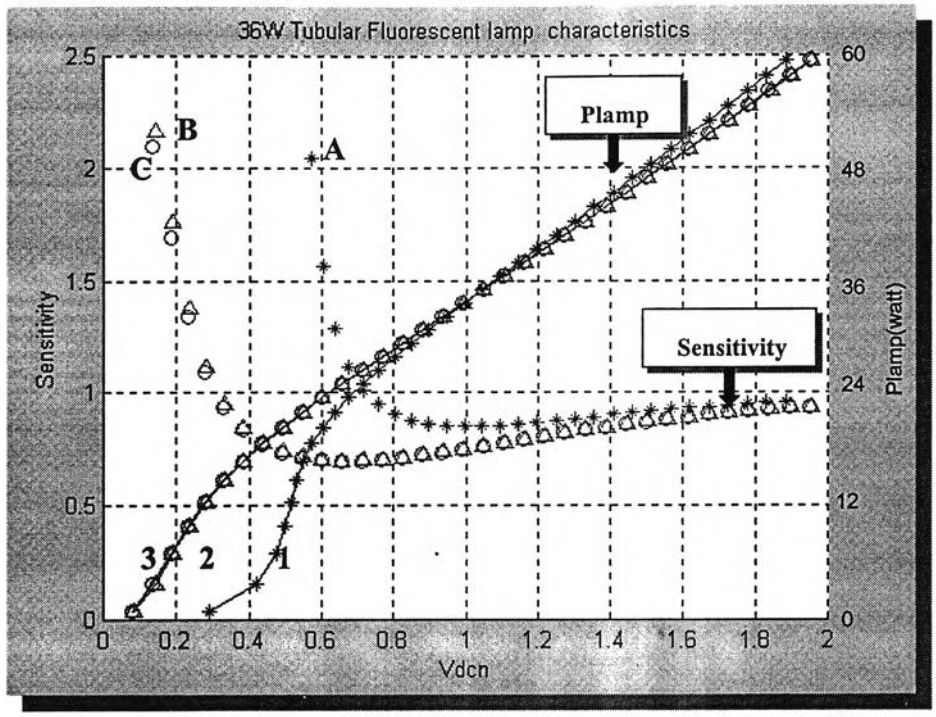
Sensitivity

A) L_1= 1.21 mH,C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับแรงดันไฟตรงด้านเข้าปทัสถาน(V_{dcn}) ที่พิกัด V_{dc}= 230 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 1.715 mH, C_{ig3}= 15 nF

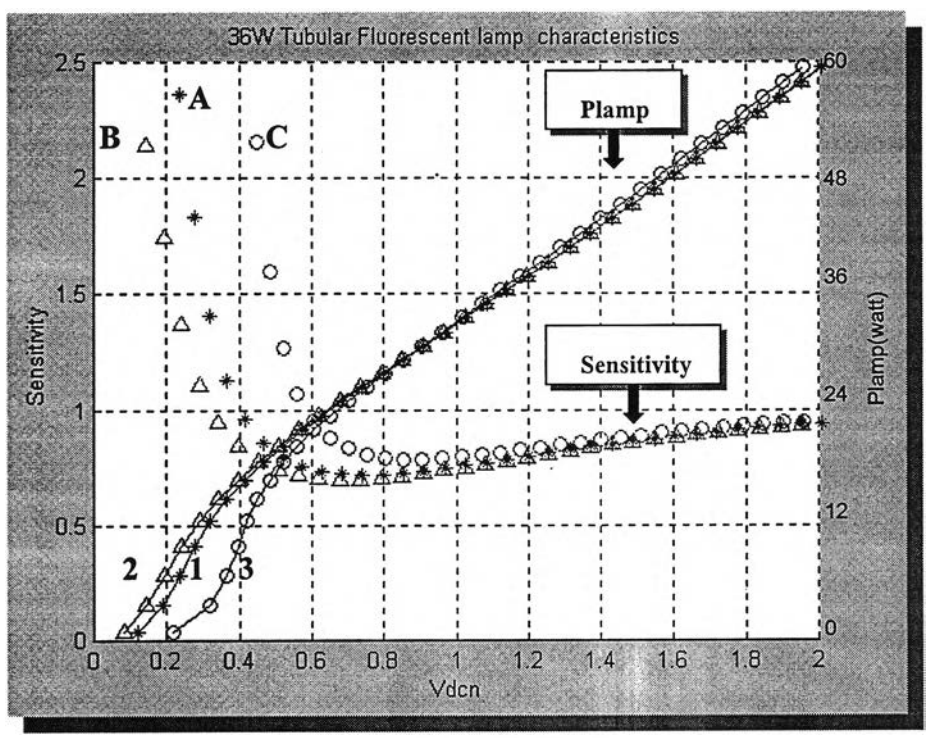
Sensitivity

A) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.715 mH, C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับแรงดันไฟตรงด้านเข้าปทัสถาน(V_{dcn}) ที่พิกัด V_{dc}= 280 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 2.215 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 2.145 mH, C_{ig3}= 15 nF

Sensitivity

A) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 2.215 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 2.145 mH, C_{ig3}= 15nF

รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับแรงดันไฟตรงด้านเข้าปทัสถาน(V_{dcn}) ที่พิกัด V_{dc}= 350 V

จากรูปที่ 3.5 ถึง 3.7 จะเห็นว่าที่แรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) ต่ำ กำลังออกที่หลอด(P_{lamp}) จะต่ำ ส่วนความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าสูง เนื่องจากที่แรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) ต่ำ กระแสผ่านหลอด(I_{lamp})มีค่าต่ำ ทำให้แรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) มีค่าสูง พิจารณาสมการที่ 2.10 จะเห็นว่าตัวส่วนของเทอมแรก เทอม $\frac{2}{\pi^2}\left(\frac{V_{dc}}{V_{lamp}}\right)^2$ มีค่าลดลงเข้าใกล้เทอม $\left(1-\omega_n^2\right)^2$ ทำให้เทอมแรกของสมการมีค่าสูง ถ้าค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) มีค่าต่ำ ทำให้ ω_n มีค่าต่ำ ทำให้เทอม $\left(1-\omega_n^2\right)^2$ มีค่าสูง ทำให้เทอมแรกของสมการมีค่าสูงเร็วกว่า ค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ค่าสูง ในขณะที่แรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) ต่ำ ส่วนขณะที่แรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) สูง กำลังออกที่หลอด(P_{lamp})จะสูง ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าต่ำ และเข้าสู่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง เนื่องจากที่แรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) สูง กระแสผ่านหลอด(I_{lamp})มีค่าสูงขึ้น ทำให้แรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp})มีค่าต่ำ ทำให้เทอม $\frac{2}{\pi^2}\left(\frac{V_{dc}}{V_{lamp}}\right)^2$ มีค่าสูงกว่าเทอม $\left(1-\omega_n^2\right)^2$ มาก มีผลให้เทอมแรกของสมการที่ 2.10 มีค่าเข้าใกล้ 1 และจากกราฟความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า (V_{dc}) $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ ชุด A, B, และC จะเห็นว่า ชุด B ดีที่สุด เพราะมีค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) $\left(S_{V_{dc}}^{P_{lamp}}\right)$ ไม่มากหรือไม่น้อยเกินไป

3.5 ผลการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออก
ต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s)

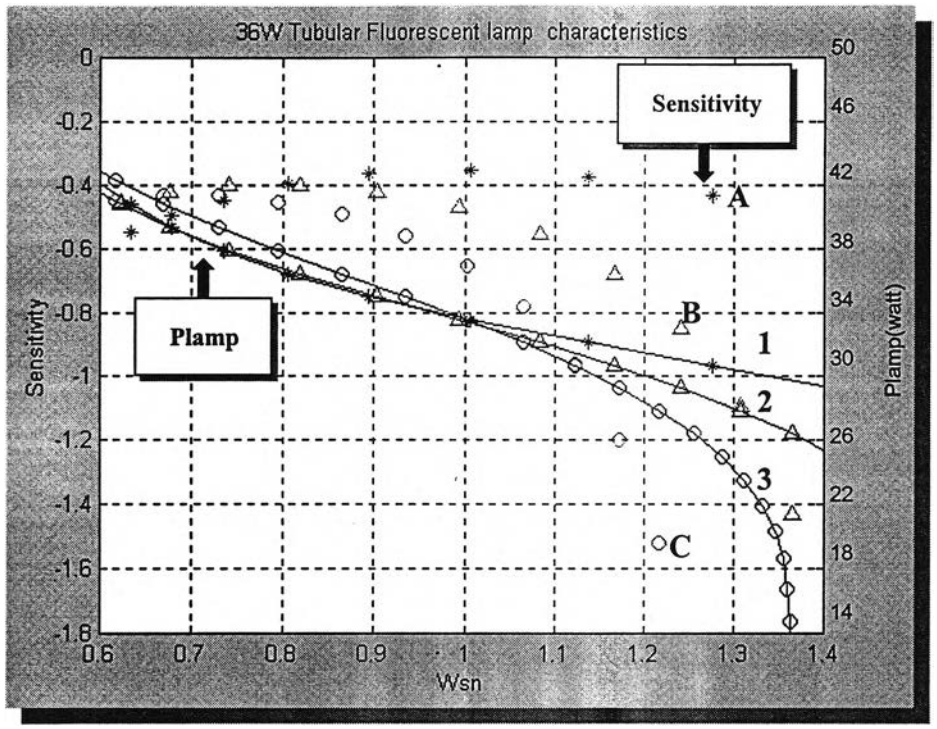
เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (f_s) จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า f_n ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังที่หลอด และค่าความต้านทานหลอด(R_{lamp}) การคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (f_s) เริ่มจากการกำหนดค่ากระแสผ่านหลอด(I_{lamp}) และคำนวณหาค่าแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) จากสมการที่ 2.1 จากค่าI_{lamp} และ V_{lamp} จะคำนวณหาค่าความต้านทานหลอด $\left(R_{lamp}=\frac{V_{lamp}}{I_{lamp}}\right)$ และกำลังออก$\left(P_{lamp}=V_{lamp}I_{lamp}\right)$ จากค่าที่กำหนดของแรงดันไฟตรงด้านเข้า (V_{dc}),ค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) มีค่าตามตารางที่ 3.1 สามารถหาค่าความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s) ได้จากสมการที่ 3.7 (ดูรายละเอียดการคำนวณจากภาคผนวก ข.2)

$$f_S = f_O\sqrt{\frac{-\left[\left(\frac{R_O}{R_{lamp}}\right)^2-2\right]+\sqrt{\left[\left(\frac{R_O}{R_{lamp}}\right)^2-2\right]^2-4\left[1-\left(\frac{V_S}{V_{lamp}}\right)^2\right]}}{2}} \qquad (3.7)$$

เมื่อ $$f_O=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{ig}}} \qquad (3.8)$$

$$f_n=\frac{f_S}{f_O} \qquad (3.9)$$

นำค่าของ f_n, V_{lamp}, f_S, และP_{lamp} ที่ได้ มาคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (f_s) ตามสมการที่ 2.12 แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s) $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ปทัสถาน$\left(\omega_{Sn}\right)$ โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลที่ได้แสดงดังในรูปที่ 3.8 ถึง 3.10



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.21 mH, C_{ig1} = 8.3 nF

2) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

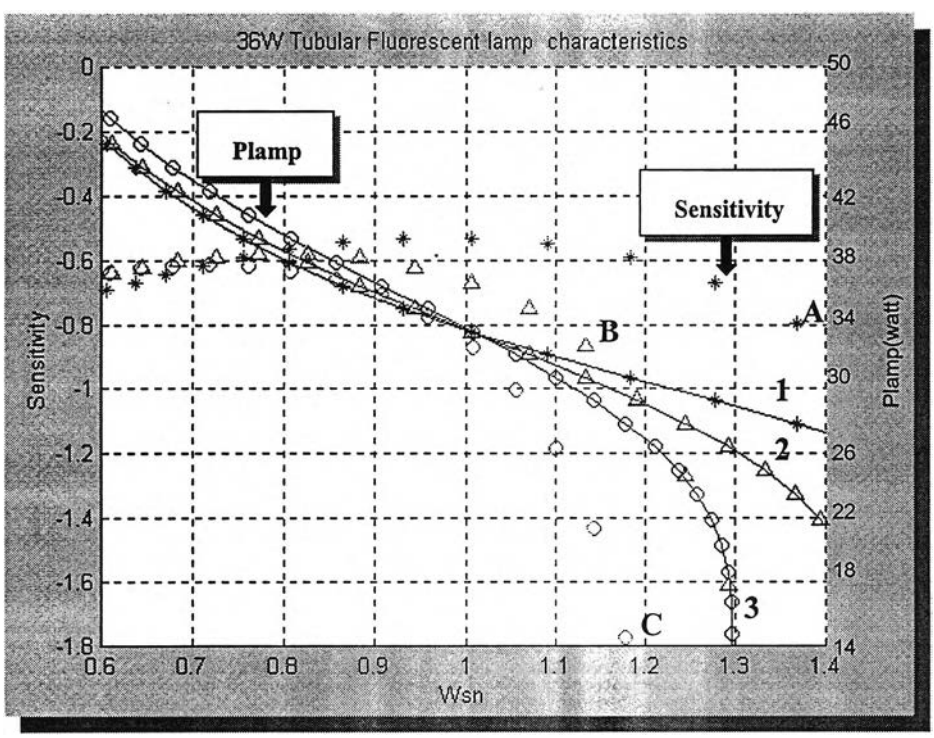
Sensitivity

A) L_1= 1.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับ
ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ปทัสถาน (ω_{Sn}) ที่พิกัด V_{dc}= 230 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3=1.715 mH,C_{ig3}= 15 nF

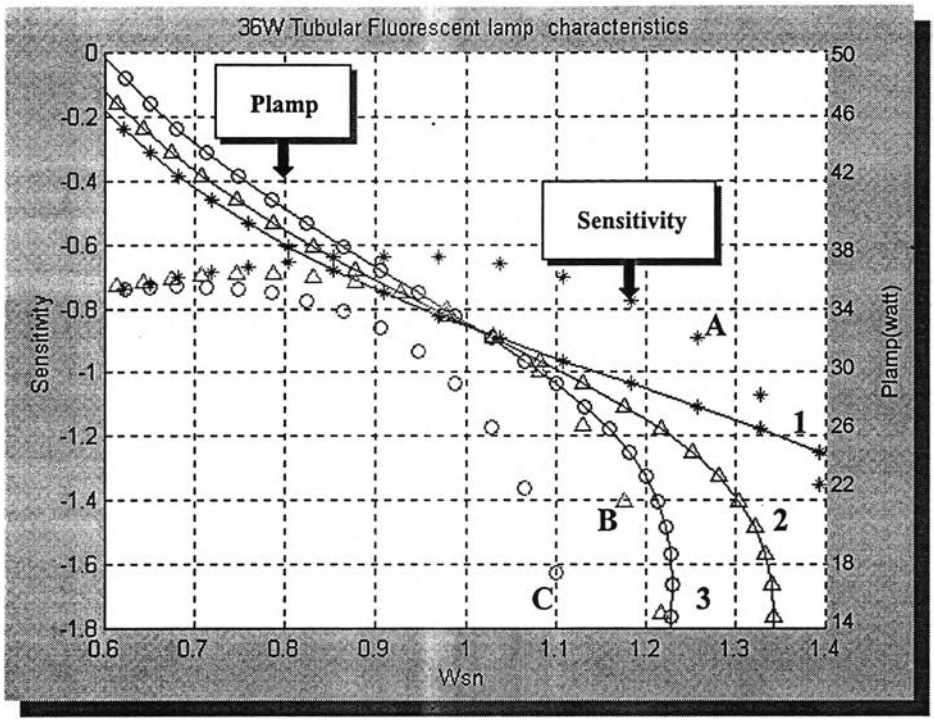
Sensitivity

A) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.715 mH,C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับ
ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ปทัสถาน (ω_{Sn}) ที่พิกัด V_{dc}= 280 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 2.215 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 2.145 mH, C_{ig3}= 15 nF

Sensitivity

A) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 2.215 mH,C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 2.145 mH,C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับ ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ปทัสถาน (ω_{Sn}) ที่พิกัด V_{dc}= 350 V

ในกรณีความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงาน (f_S) $\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ในรูปที่ 3.8 ถึง 3.10 พบว่าที่ความถี่ต่ำ กำลังออก(P_{lamp})สูง และความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงาน $(f_S)\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าเป็นลบน้อย เนื่องจากที่ความถี่ต่ำ (f_S) กระแสผ่านหลอด(I_{lamp})มีค่าสูง ทำให้กำลังออกที่หลอด(P_{lamp})สูง พิจารณาสมการที่ 2.12 จะเห็นว่าตัวเศษของเทอมแรก เทอม $\left(1-\left(\omega_n^2\right)^2\right.$ จะมีค่าสูงเข้าใกล้เทอม $\frac{2}{\pi^2}\left(\frac{V_{dc}}{V_{lamp}}\right)^2$ ทำให้ตัวเศษคือเทอม $\frac{2}{\pi^2}\left(\frac{V_{dc}}{V_{lamp}}\right)^2-\left(1-\left(\omega_n^2\right)^2\right.$ มีค่าต่ำทำให้ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงาน $(f_S)\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าเป็นลบน้อย ส่วนที่ความถี่สูง (f_S) กำลังออกที่หลอด(P_{lamp})ต่ำ และความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงาน $(f_S)\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าต่ำ เนื่องจากที่ความถี่สูง (f_S) กระแสผ่านหลอด(I_{lamp})มีค่าต่ำ ทำให้กำลังออกที่หลอด(P_{lamp})ต่ำ เทอม $\left(1-\left(\omega_n^2\right)^2\right.$ มีค่าลดลง ทำให้ตัวเศษของเทอมแรกคือ

$\frac{2}{\pi^2}\left(\frac{V_{dc}}{V_{lamp}}\right)^2 - \left(1-\left(\omega_n^2\right)^2\right.$ มีค่าสูงขึ้น ทำให้ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงาน $\left(f_S\right)\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าเป็นลบมากขึ้น ส่วนเทอมสองของสมการที่ 2.12 มีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับเทอมแรก ผลส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับเทอมแรก เมื่อพิจารณาจากกราฟความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงาน $\left(f_S\right)\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ ชุด A, B, และC จะเห็นว่ากราฟชุด B ดีที่สุด เพราะมีค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่การทำงาน $\left(f_S\right)\left(S_{\omega_S}^{P_{lamp}}\right)$ ไม่มากหรือไม่น้อยเกินไป

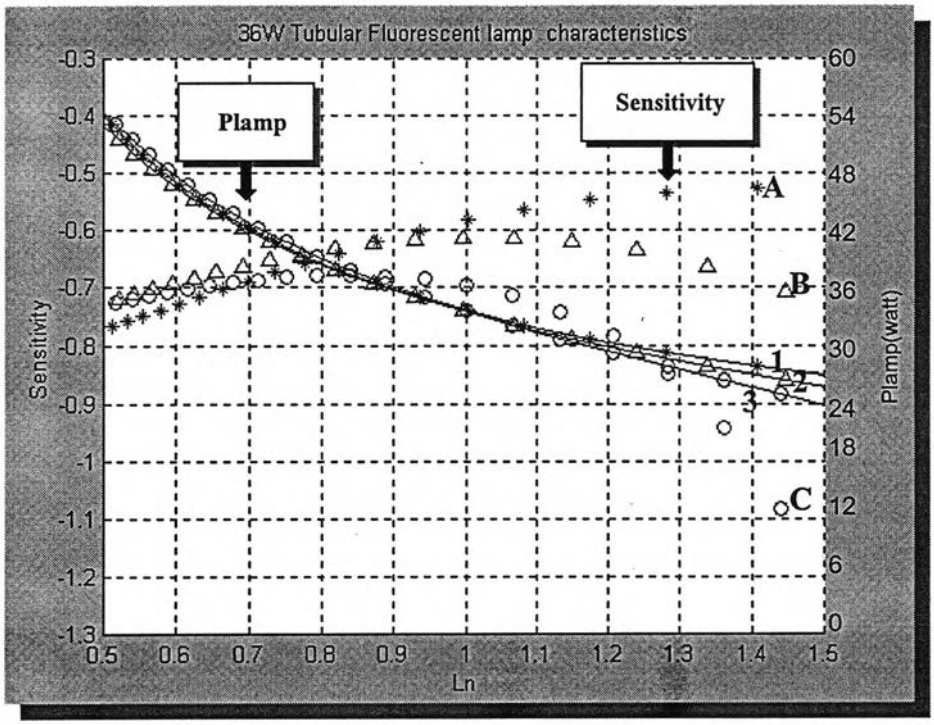
3.6 ผลการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L)

เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า R_O และf_n ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังที่หลอด และค่าความต้านทานหลอด(R_{lamp}) การคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) เริ่มจากการกำหนดค่ากระแสผ่านหลอด (I_{lamp}) และคำนวณหาค่าแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) จากสมการที่ 2.1 จากค่า I_{lamp} และ V_{lamp} จะคำนวณหาค่าความต้านทานหลอด $\left(R_{lamp}=\frac{V_{lamp}}{I_{lamp}}\right)$ และกำลังออก $\left(P_{lamp}=V_{lamp}I_{lamp}\right)$ จากค่าที่กำหนดของแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ค่าความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_s), และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) มีค่าตามตารางที่ 3.1 สามารถหาค่าความเหนี่ยวนำ(L) ได้จากสมการที่ 3.10 (ดูรายละเอียดการคำนวณจากภาคผนวก ข.3)

$$L=\frac{2C_{ig}\omega_S^2+\sqrt{\left(-2C_{ig}\omega_S^2\right)^2-4\left[\left(C_{ig}\omega_S^2\right)^2+\left(\frac{\omega_S}{R_{lamp}}\right)^2\right]\left[1-\left(\frac{V_S}{V_{lamp}}\right)^2\right]}}{2\left[\left(C_{ig}\omega_S^2\right)^2+\left(\frac{\omega_S}{R_{lamp}}\right)^2\right]} \quad (3.10)$$

นำค่าของ f_n, V_{lamp}, L, และP_{lamp} ที่ได้ มาคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (L) ตามสมการที่ 2.14 แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ และ

กำลังออก (P_{lamp}) กับค่าความเหนี่ยวนำปทัสถาน(L_n) โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลที่ได้แสดงดังในรูปที่ 3.11 ถึง 3.13



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.21 mH, C_{ig1} = 8.3 nF

2) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

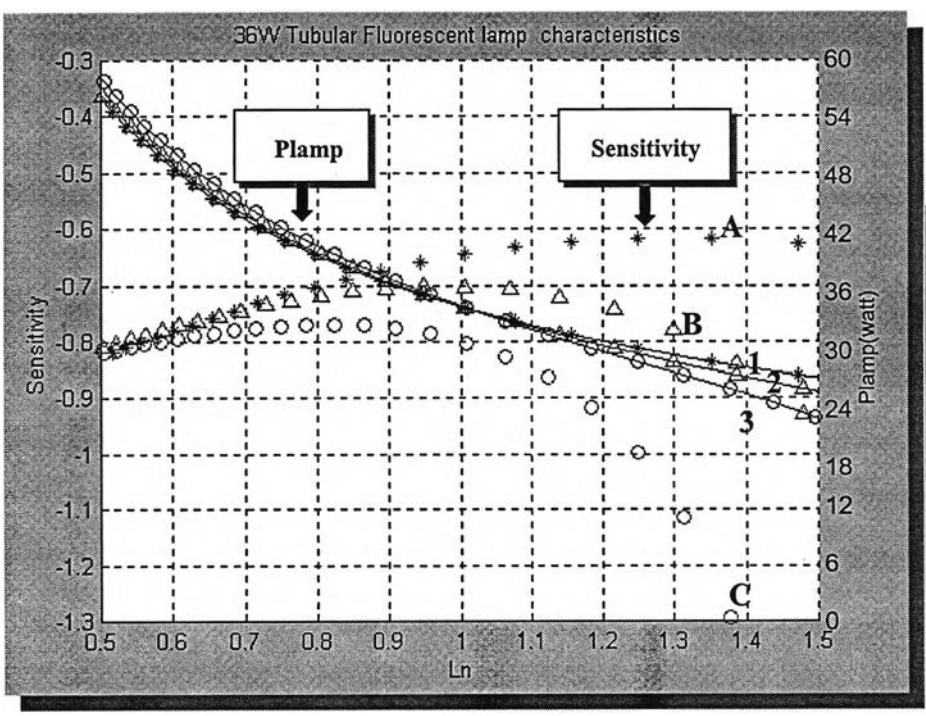
Sensitivity

A) L_1= 1.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความเหนี่ยวนำปทัสถาน(L_n) ที่พิกัด V_{dc}= 230 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 1.715 mH, C_{ig3}= 15 nF

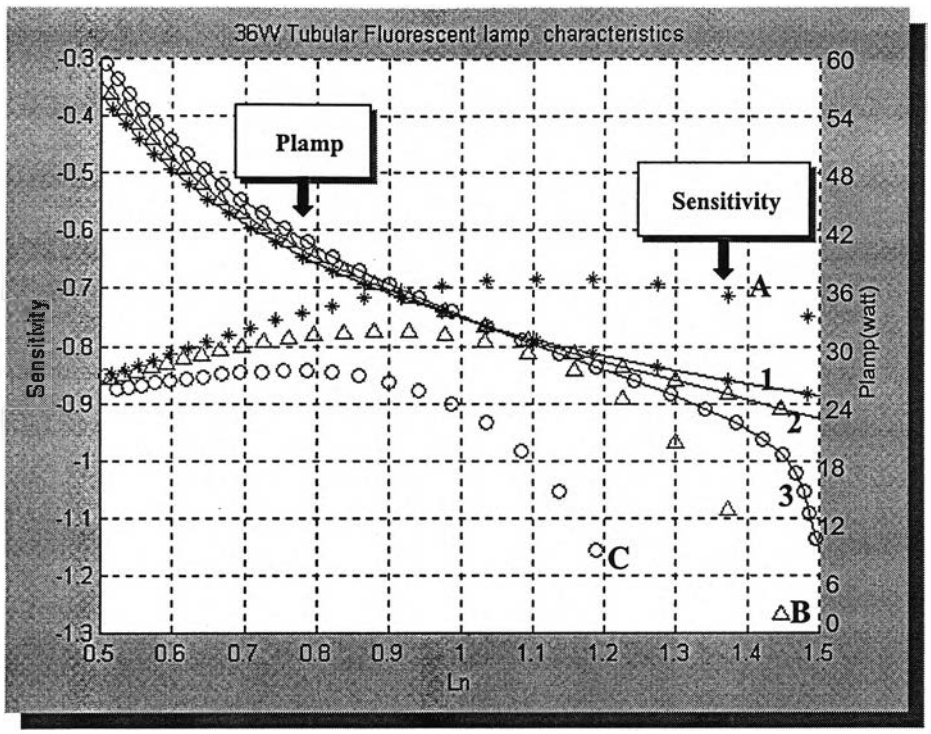
Sensitivity

A) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.715 mH, C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความเหนี่ยวนำปทัสถาน (L_n) ที่พิกัด V_{dc}= 280 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 2.215 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 2.145 mH, C_{ig3}=15 nF

Sensitivity

A) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 2.215 mH,C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 2.145 mH, C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับ ค่าความเหนี่ยวนำปทัสถาน(L_n) ที่พิกัด V_{dc}= 350 V

สำหรับความไวการเปลี่ยนแปลงกำลังของออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ในรูปที่ 3.11 ถึง 3.13 ที่ค่าความเหนี่ยวนำต่ำ กำลังออกที่หลอด(P_{lamp})จะสูง ส่วนความไวของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าเป็นลบน้อย เนื่องจากที่ค่าความเหนี่ยวนำ(L) ต่ำ กระแสผ่านหลอด(I_{lamp}) สูง ทำให้กำลังออกที่หลอด(P_{lamp}) สูง พิจารณาสมการที่ 2.14 จะเห็นว่าตัวเศษของเทอมแรก เทอม $\left(1-\omega_n^2\right)$ มีค่าสูง เข้าใกล้เทอม $\frac{2}{\pi^2}\left(\frac{V_{dc}}{V_{lamp}}\right)^2$ ทำให้ตัวเศษมีค่าต่ำ และตัวส่วนเทอม $\left(1-\omega_n^2\right)^2$ มีค่าสูง แต่ยังต่ำกว่าเทอม $\left(1-\omega_n^2\right)$ ทำให้ตัวส่วนมีค่าสูง เป็นผลให้เทอมแรกมีค่าต่ำ ขณะที่ค่าความเหนี่ยวนำสูง กำลังออกที่หลอด(P_{lamp})จะมีค่าต่ำ ความไวของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าเป็นลบมาก เนื่องจากที่ค่าความเหนี่ยวนำ(L) สูง กระแสผ่านหลอด (I_{lamp}) ต่ำ ทำให้กำลังออกที่หลอด(P_{lamp}) ต่ำ พิจารณาสมการที่ 2.14 จะเห็นว่าตัวเศษ เทอม $\left(1-\omega_n^2\right)$ มีค่าต่ำ ทำให้ตัวเศษมีค่าสูง และตัวส่วนเทอม $\left(1-\omega_n^2\right)^2$ มีค่าต่ำ แต่ยังสูงกว่าเทอม $\left(1-\omega_n^2\right)$ ของตัวเศษอีก ทำให้ตัวส่วนมีค่าต่ำกว่าตัวเศษ ดังนั้นเทอมแรกมีค่าสูง แต่เนื่องจากเทอมแรกติดลบทำให้ ค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของ

กำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ มีค่าเป็นลบมาก ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกราฟความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ ชุด A, B, และC จะเห็นว่าชุด B ดีที่สุด เพราะมีค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ(L) $\left(S_L^{P_{lamp}}\right)$ ไม่มาก และไม่น้อยเกินไป

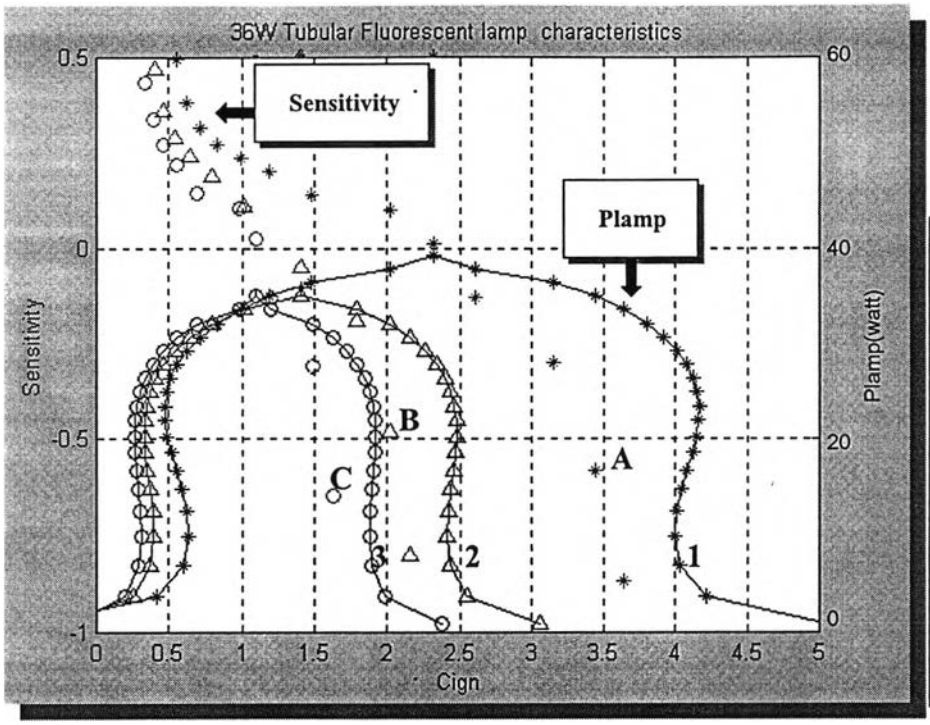
3.7 ผลการคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออก
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})

เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C_{ig}) จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า R_o และ f_n ทำให้มีเกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังที่หลอด และค่าความต้านทานหลอด(R_{lamp}) การคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) เริ่มจากการกำหนดค่ากระแสผ่านหลอด (I_{lamp}) และคำนวณหาค่าแรงดันคร่อมหลอด(V_{lamp}) จากสมการที่ 2.1 จากค่าI_{lamp} และV_{lamp} จะคำนวณหาค่าความต้านทานหลอด$\left(R_{lamp}=\frac{V_{lamp}}{I_{lamp}}\right)$ และกำลังออก $\left(P_{lamp}=V_{lamp}I_{lamp}\right)$ จากค่าที่กำหนดของแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ค่าความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S), และค่าความเหนี่ยวนำ(L) มีค่าตามตารางที่ 3.1 สามารถหาค่าความความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ได้จากสมการที่ 3.11 (ดูรายละเอียดการคำนวณจากภาคผนวก ข.4)

$$C_{ig}=\frac{\left(2L\omega_S^2\right)\pm\sqrt{\left(-2L\omega_S^2\right)^2-4\left(L\omega_S^2\right)^2\left[1-\left(\frac{V_S}{V_{lamp}}\right)^2+\left(\frac{\omega_S}{R_{lamp}}\right)^2\right]}}{2\left(L\omega_S^2\right)^2} \qquad (3.11)$$

นำค่าของ f_n, V_{lamp}, C_{ig}, และP_{lamp} ที่ได้ มาคำนวณค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C_{ig}) ตามสมการที่ 2.16 แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C_{ig}) $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก (P_{lamp}) กับค่าความจุของตัวเก็บประจุปทัสถาน (C_{ign}) โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลที่ได้แสดงดังในรูปที่ 3.14 ถึง 3.16

I19918987



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

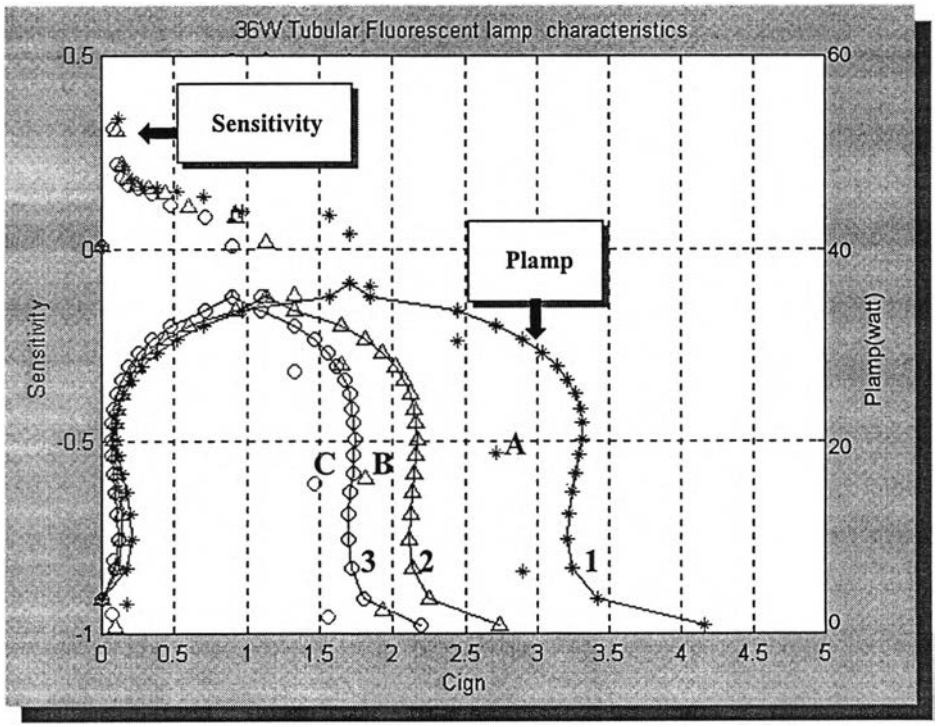
Sensitivity

A) L_1= 1.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.38 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.42 mH, C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับ ค่าความจุของตัวเก็บประจุปทัสถาน(C_{ign}) ที่พิกัด V_{dc}= 230 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 1.715 mH,C_{ig3}= 15 nF

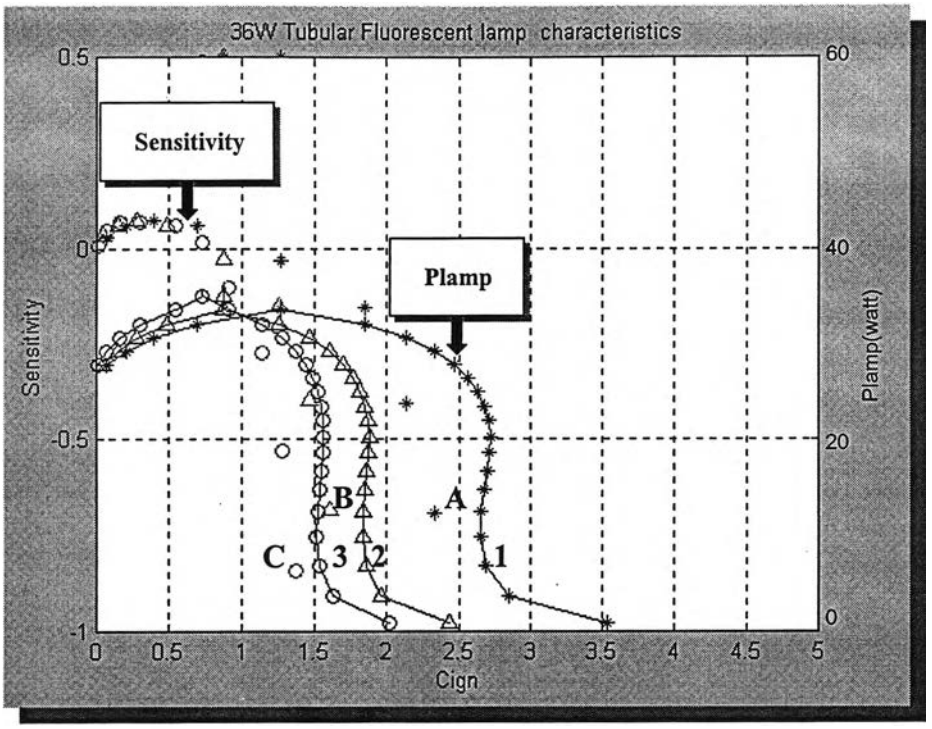
Sensitivity

A) L_1= 1.64 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 1.72 mH, C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 1.715 mH,C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.15 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับ ค่าความจุของตัวเก็บประจุปทัสถาน(C_{ign}) ที่พิกัด V_{dc}= 280 V



ผลการคำนวณ * Δ o

Plamp

1) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

2) L_2= 2.215 mH, C_{ig2}= 12 nF

3) L_3= 2.145 mH, C_{ig3}= 15 nF

Sensitivity

A) L_1= 2.21 mH, C_{ig1}= 8.3 nF

B) L_2= 2.215 mH,C_{ig2}= 12 nF

C) L_3= 2.145 mH,C_{ig3}= 15 nF

รูปที่ 3.16 ความสัมพันธ์ของความไว $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ และกำลังออก(P_{lamp}) กับค่าความจุของตัวเก็บประจุปทัสถาน(C_{ign}) ที่พิกัด V_{dc}= 350 V

ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ในรูปที่ 3.14 ถึง 3.16 ที่ค่าความจุของตัวเก็บประจุต่ำ กำลังออกที่หลอดจะมีค่าต่ำ ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})$\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าสูง เนื่องจากที่ค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})ต่ำ กระแสผ่านหลอด(I_{lamp})มีค่าต่ำ ทำให้กำลังออกที่หลอด(P_{lamp}) ต่ำ พิจารณาสมการที่ 2.16 จะเห็นว่า ตัวเศษของเทอมแรก เทอม ω_n^2 มีค่าต่ำ ส่วนเทอม $\left(1-\omega_n^2\right)$ มีค่าสูงทำให้เทอม $\omega_n^2\left(1-\omega_n^2\right)$ มีค่าสูง ตัวส่วนของเทอมแรกคือ เทอม $\left(1-\omega_n^2\right)^2$ มีค่าสูง ทำให้ตัวส่วนเทอม $\frac{2}{\pi^2}\left(\frac{V_{dc}}{V_{lamp}}\right)^2-\left(1-\omega_n^2\right)^2$ มีค่าต่ำ เป็นผลให้ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})$\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ มีค่าสูง ที่ค่าความจุของตัวเก็บประจุที่พิกัด C_{ig}= 8.3 nF, 12 nF, และ15 nF ตามลำดับ กำลังออกจะมีค่าประมาณ 32 วัตต์ ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig})$\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าลดลง หลังจากนี้ถ้าเพิ่มค่าความจุของตัวเก็บประจุขึ้นไปอีก กำลังออก

ที่หลอด(P_{lamp})จะลดลงเรื่อยๆ และความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากกระแสผ่านหลอด(I_{lamp})มีค่าลดลงต่ำ ทำให้กำลังออกที่หลอด(P_{lamp}) ต่ำ พิจารณาจากสมการที่ 2.16 จะเห็นว่า ตัวเศษของเทอมแรก เทอม ω_n^2 มีค่าสูง แต่เทอม$\left(1-\omega_n^2\right)$ มีค่าต่ำ ทำให้เทอม$\omega_n^2\left(1-\omega_n^2\right)$ มีค่าต่ำ ตัวส่วนของเทอมแรก คือเทอม $\left(1-\omega_n^2\right)^2$ มีค่าสูง ทำให้ความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ มีค่าต่ำ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกราฟความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ ชุด A, B, และC จะเห็นว่าชุด B ดีที่สุด เพราะมีค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) $\left(S_{C_{ig}}^{P_{lamp}}\right)$ ไม่มาก และไม่น้อยเกินไป

เมื่อได้คำนวณหาค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S), ค่าความเหนี่ยวนำ(L), และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) แล้ว เพื่อตรวจสอบผลการคำนวณทางทฤษฎี โดยทดลองวัดค่าความไวการเปลี่ยนแปลงของกำลังออกต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}), ความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(f_S), ค่าความเหนี่ยวนำ(L) และค่าความจุของตัวเก็บประจุ(C_{ig}) ที่พิกัดแรงดันไฟตรงด้านเข้า(V_{dc}) 3 ค่า คือ 230 V, 280 V, และ350 V ตามลำดับ โดยรายละเอียดจะกล่าวในบทต่อไป