A study the effect of trigger circuit on flash lamp life
دراسة تأثير دائرة القدح على عمر المصباح الوميضي

م.مهند حسن علي
قسم هندسة تقنيات القدرة الكهربائية ، الكلية التقنية/ المسيب

الخلاصة

يقدم هذا البحث دراسة شاملة لمعظم متغيرات المصباح ألوميضي(flash lamp) في مجالي التصميم والتصنيع لمنظومات الليزر المختلفة , حيث تم اخذ عدد من الحسابات التي يجب إجراءها والملاحظات التي يجب مراعاتها لضمان تشغيل المصباح ألوميضي بكفاءة عالية دون إحداث عطب فيه ومدى تأثيرها على عمر المصباح وكذلك معرفة كيفية اختيار المصابيح الوميضية بما يتلائم وأفضل نوع لدوائر القدح ومدى تجهيزها.

تم التطرق إلى الوسائل اللازمة للحصول على شده ضوئية عالية وأمد نبضة قصيرة وذلك عن طريق التحكم بالدائرة الكهربائية المشغلة للمصباح ألوميضي, عندما يكون المصباح ألوميضي جاهزا لعملية التفريغ الكهربائي عبر الثايرستور (thyrsistor) تكون عملية القدح الخارجي بدون الموجه الصدمية الحاصلة في اغلب طرق القدح التي تؤدي إلى التقليل من عمر المصباح وتأكل الأقطاب, حيث تم اختيار قيم مختلفة من المتسعات والملفات في دائر القدح الالكترونية لما لها من تأثير مباشر على الفولتية المجهزة للمصباح.

ABSTRACT

This research the parameters of flash lamp(F.L) operation ,which is very necessary to researchers ;and to whom are involved in the field of designing and fabrication of laser system, where many calculations should be done and important steps to be taken into consideration to reach eventually a successful and high efficient operation without damaging it, also it is the range effecting on the flash lamp ,and how to make the suitable choice of selecting the flash lamp and in what it should be applied when matching occurs to get better trigger circuit. The know also, involve in determining the necessary means to achieve high light intensity, with short pulse duration by controlling the electric circuit which derives the (F.L). when the (F.L) is ready to electrical discharge process through the thyrsistor the external trigger process will be without (shock wave) which down in more trigger methods so as reduce the life time of the flash lamp and poles corrosions ;and choose different values of capacitors and indicators in the electric trigger circuit. which have direct effect on supply voltage for flash lamp.

1- المقدمة

أن أهمية المصابيح الوميضية أخذت بالتزايد مع بداية الستينات , وبالذات مع اكتشاف ليزر الياقوت حيث تمت الأستفادة من الإضاءة العالية التي تولدها هذه المصابيح في عمليات ضخ ليزرات الحالة الصلبة لتوليد أشعة الليزر, بعد ان كانت أهمية هذه المصابيح تقتصر على عمليات التصوير الفوتوغرافي وفي دراسات الكيمياء الضوئية[1] ومنذ ذلك الوقت بدأ المعنيون بالمنظومات الليزرية واستخداماتها في البحث عن مواصفات هذه المصابيح وخصائصها ودراسة العوامل المؤثرة عليها .

أن منظومة الليزر الوليدة التي تم ضخها بمصباح لولبي صغير من الزجاج الصلب (البايركس) صنع من قبل شركة جنرال إليكترك (General Electric) [2]. بدأت عمليات تطوير الليزر وبالتالي وسائل الضخ وخاصة المصابيح الوميضية التي وصلت الى درجة كبيرة من التطور وحدثت قفزات كبيرة في مجال تصنيفها حيث تطورت عملية لحام الكوارتز بقطب التنكستن التي أدت إلى تقدم ملحوظ في عمليات ضخ ليزرات القدرة العالية [3]. وبمرور الزمن تخصصت شركات بتصميم وتصنيع هذه المصابيح مجهزة بإمكانيات متطورة لإظهار المصباح الوميضي على أكمل وجه وإجراء الفحوص المختبرية للتأكد من صلاحية استخدامه وتحديد العوامل المؤثرة فيه . ولا تزال هذه الشركات تعتمد تقنية الحرف اليدوية في عملية التصنيع ويصل إنتاجها في اليوم إلى بضعة آلاف من المصابيح الوميضية المختلفة [4].

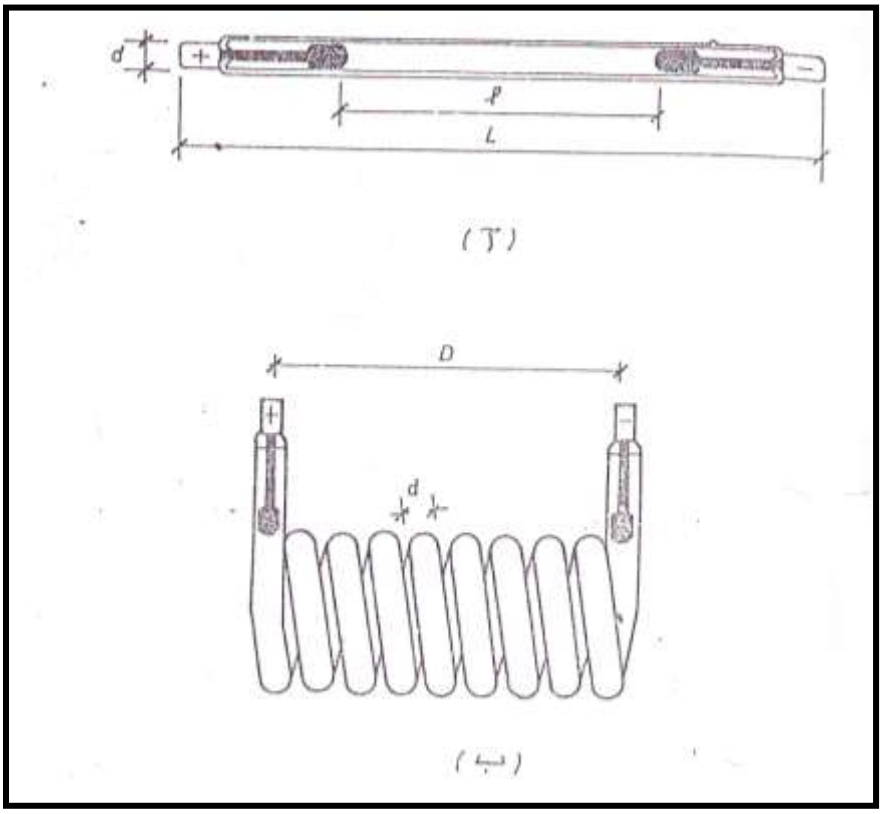
في بعض دوائر القدح يكون هنالك صدمة كهربائية (shock wave) لذلك فان المصباح الوميضي (F.L) Flash Lamp يكون في حالة ON دائما أما بقية أنواع القدح (Trigger) فيعمل F.L (ON) عند التفريغ الكهربائي وبواسطة القدح الخارجي external فيكون المصباح جاهز لعملية التفريغ الكهربائي عبر الثايرستور (SCR) لتفريغ المتسعة (C) ومن ثم لشحنها حيث انه في حالة وجود shock wave يؤدي الى التقليل من عمر المصباح وتأكل الأقطاب[2, 3].

2- النظرية

2- 1 المصابيح الوميضية

المصباح الوميضي (Flash Lamp) عبارة عن انبوب زجاجي يوجد في نهايته اقطاب محكمة الغلق, ويملأ تجويف الأنبوبة باحدى الغازات الخاملة. لذا فأن أي مصباح وميضي يكون حجمهُ ثابتاً بحيث أن البلازما المتكونة عند مرور التيار الكهربائي بين قطبي المصباح تملأ أكبر حيز ممكن من حجم الانبوبة وهي التي تحدد مقدار الشدة الضوئية المنبعثة من المصباح .

يصنع المصباح الوميضي عادة على شكل خطي او لولبي كما في الشكل (1) [4]. تمتلك المصابيح الوميضية بعض المواصفات القياسية كأن يتراوح سمك جدران الأنبوبة بين(1-2) ملم وقطرها الداخلي بين (3-21) ملم , اما طول المصباح فيتراوح بين (5-110) سم ويملأ هذا النوع من المصابيح بضغط تتراوح قيمته بين (400-1000)ملي بار [5,2].



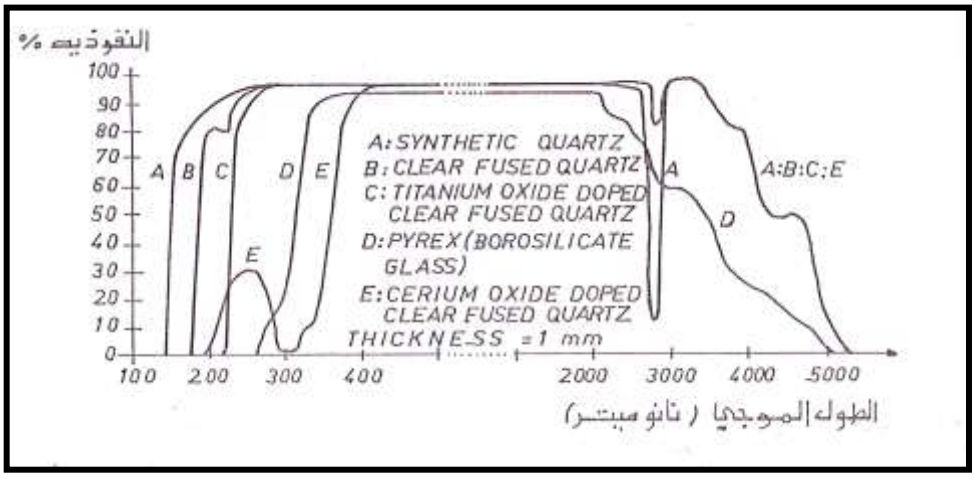
الشكل (1) يوضح آ-المصباح ألوميضي الخطي ب-المصباح ألوميضي اللولبي

هنالك عدد من الاجزاء الرئيسية للمصباح الوميضي الخطي وهي :-

2-1-1 الغلاف

مصطلح غلاف (Envelope) يقصد به الجسم الذي يحيط الأقطاب ويمتد على طول المسافة الواصلة بينهما ويكون حجمه ثابتاً مملوءاً باحدى الغازات الخاملة وغير قابل لنفاذ تلك الغازات من خلاله. يتم اختيار غلاف المصباح بحيث يكون شفاف يسمح بمرور الاشعة المنبعثة من قوس البلازما المتولدة داخله كما يجب ان يكون جيد التحمل لدرجات الحرارة المرتفعة , اضافة الى تحمله للصدمات الميكانيكية التي قد تحصل. يبعث المصباح ألوميضي طيفاً بصرياً يغطي مساحة واسعة من الاطوال الموجية فهو يبدأ من الأشعة فوق البنفسجية بحدود (200 نانوميتر) ويمتد على طول الاشعة المرئية ليصل الى الاشعة تحت الحمراء عند طول موجي (2500 نانوميتر)

ولكن هذا الطيف يعتمد على نفوذية مادة الغلاف لتلك الأطوال الموجية ويوضح الشكل (2) النفوذية البصرية لأهم المواد المستخدمة لتصنيع الأغلفة [6].



الشكل (2) النفوذية البصرية للمواد المستخدمة في تصنيع الأغلفة [6]

2-1-2 الأقطاب

إن أهم الأمور التي تواجه مصممي المصابيح الومضية هي الاختيار الأمثل لمواد وإشكال الأقطاب المستخدمة في تلك المصابيح , وذلك لأهميتها في عملية الانبعاث الالكتروني وتأثيرها على عمر المصباح [3]. يستخدم معدن التنكستن في تصنيع الاقطاب في معظم انواع المصابيح الومضية, ومن ابرز خصائص هذا المعدن , حيث يمتاز بارتفاع درجة انصهاره (تصل أكثر من 3000 مْ) بالإضافة الى احتوائه على مركبات انبعاث (Emissivite components) كثيرة. ومن جهة أخرى فأن للتنكستن النقي دالة شغل عالية نسبياً ((4 الكترون – فولت)) فعند استخدامه لتصنيع الكاثود نحتاج الى فولتية عالية تجهز الكترونات سطح المعدن لكي تزيد من طاقتها الحركية وبالتالي تتغلب على دالة الشغل وتنطلق تاركة سطح المعدن باتجاه الأنود [3]. لذا يفضل استخدام سبائك التنكستن لغرض تصنيع اقطاب المصباح الوميضي وتمتاز هذه السبائك بانخفاض قيمة دالة الشغل [7].

3-1-2 ملء الغاز والضغط

يعتمد اختيار الغاز الذي تملأ به المصابيح الوميضية على طيف الانبعاث لذلك الغاز والذي يجب ان يتطابق مع طيف الامتصاص لمادة الليزر . تستخدم الغازات الخاملة بكثرة في ملء المصابيح الوميضية. ومن أهمها غاز الزينون الذي يعطي قدرة اشعاعية عالية لنفس مقدار الطاقة الكهربائية مقارنة مع بقية الغازات [8].

وبسبب كفاءة التحويل العالية لهذا الغاز فأنه يستخدم بكثرة في ملء المصابيح الوميضية النبضية ذات القدرة العالية وتقدر كفاءة التحويل لهذا الغاز مابين 25% - 60% في ظروف التشغيل النموذجية ولطيف يمتد من (200 نانوميتر – 1000 نانوميتر) [5]. يختلف ضغط الملء باختلاف نوع الغاز المستخدم حيث يكون أفضل ضغط لملء مصابيح الزينون الوميضية 600 ملي بار بينما يكون أفضل ضغط لمصابيح الكربتون الوميضية 800 ملي بار.

ان عملية تغيير ضغط الغاز المستخدم تؤدي الى اختلاف في صفات المصباح الكهربائية والبصرية على حد سواء، فعند الضغوط الواطئة يكون مقدار فولتية الانهيار (Break down voltage) اقل مما في الضغوط العالية , ولكن في المقابل هنالك مشكلة تزايد تذرية الكاثود (Cathode sputtering) عند تلك الضغوط الواطئة بالاضافة إلى انخفاض كمية الأشعة التي يبعثها المصباح الوميضي[8].

4-1-2 الأغلاق

الإغلاق (seals) هي عملية تركيب أقطاب المصباح بعلاقة وتوجد تقنيتان أساسيتان لإتمام هذه العملية[5,2].

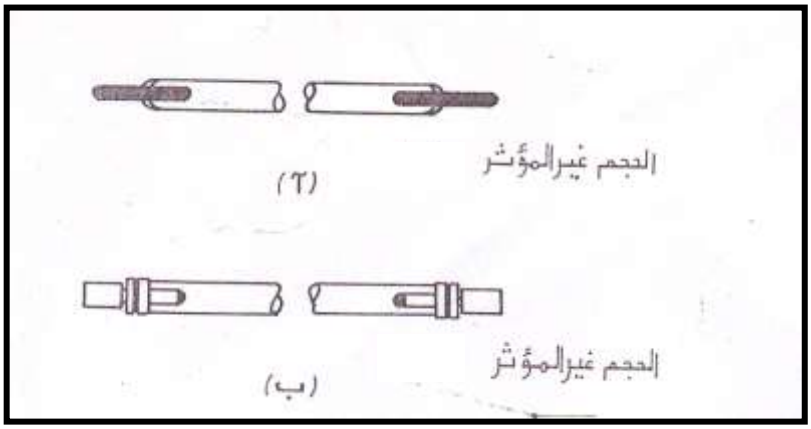
التقنية الأولى – الأغلاق المباشر

تتم هذه العملية بغلق قطب التنكستن بغلاف الكوارتز كما في الشكل (3 - أ). حيث يتم تثبيت مادة وسطية (intermediate material) من البايركس المشاب (Doped Brosilicte glass) على قطب التنكستن ومن ثم لحم غلاف الكوارتز

بتلك المادة[3]، وتكمن أهمية المادة الوسطية في إحداث التوازن الحراري بين التنكستن والكوارتز حيث وجود مثل هذا التوازن يعد مهما بسبب اختلاف معامل تمدد الكوارتز عن معامل تمدد التنكستن, ويمتاز هذا النوع من الإغلاق بقدرته على تحمل الموجات الصدمية (Shock wave) بالإضافة إلى تحملها درجات الحرارة المرتفعة.

التقنية الثانية – الأغلاق غير المباشر (الإغلاق بواسطة سبيكة اللحام)

تتم بلحم قطب التنكستن بطرف قضيب نحاسي ويلحم طرفه الآخر بكأس من معدن النيكل كما في الشكل (3 - ب) وتتم عملية لحام كأس النيكل بغلاف الكوارتز بطلاء نهاية غلاف المصباح بمادة البلاتينيوم ومن ثم لحمها مع كأس النيكل بواسطة سبيكة اللحام التي تتكون من مادة الانديوم ومن ميزات هذا الإغلاق قدرته على تحمل قيم عالية من تيار الذروة (peak current) بالإضافة إلى امتلاكه مقاومة ميكانيكية عالية، وتمتاز المصابيح المصنعة بهذه الطريقة بان يكون الحجم غير المؤشر(Dead volume) لها اقل ما يمكن, إما أهم مساوئ هذا الإغلاق فتكمن بعدم تحمله لدرجات حرارة مرتفعة .ومن المهم ان نذكر ان عمليات الغلق هذه تتم بطريقة يدوية معتمدة على كفاءة ومهارة العاملين في هذا المجال [5].



الشكل (3) عملية الإغلاق للمصابيح الوميضية

أ- الإغلاق المباشر ب-الإغلاق غير المباشر

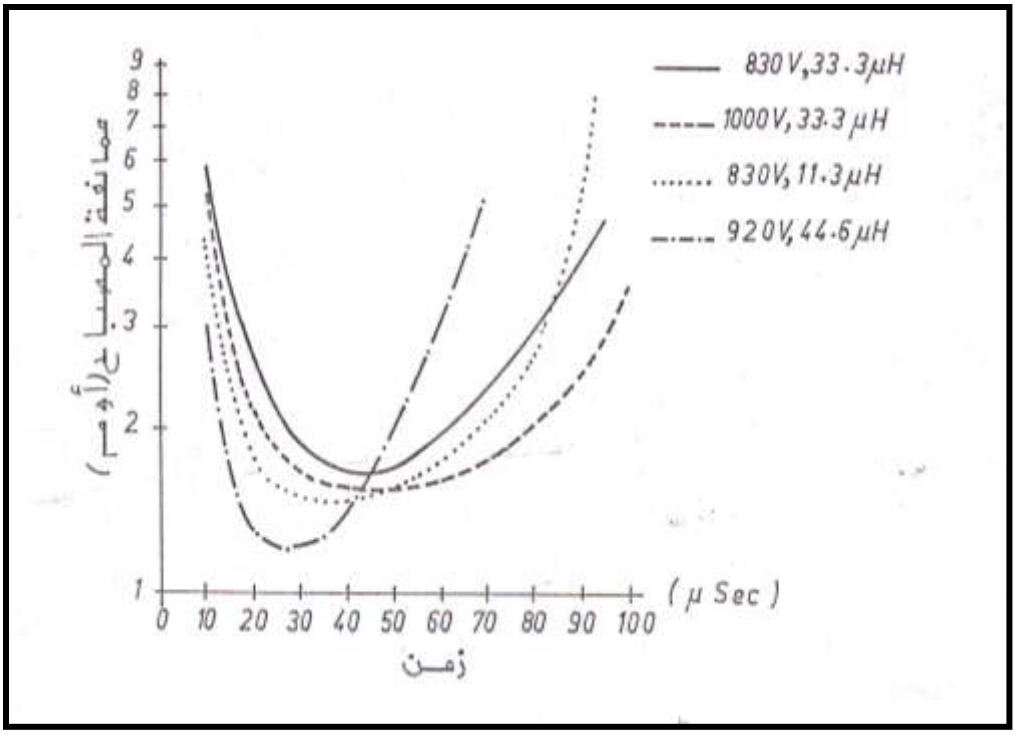
5-1-2 الحجم غير المؤشر

يعرف الحجم غير المؤشر من المصباح الوميضي على انه ذلك الحجم الواقع بين رأس القطب ونقطة اللحام كما في الشكل (3-1). ان عملية ملء المصباح الوميضي تتم بدرجة حرارة الغرفة ولكن عند تشغيل المصباح ترتفع قيمة الضغط مع زيادة كثافة التيار ومن هنا تأتي اهمية الحجم غير المؤشر حيث ان المصابيح ذات الحجم غير المؤشر الكبير ينخفض فيها الضغط اكثر من المصابيح ذات الحجم غير المؤشر الصغير ، مما يؤدي الى تقليل كفاءة المصباح وتكثر هذه الظاهرة في مصابيح القدرة العالية . كما يفضل جعل الضغط في المصباح الذي يحتوي على حجم غير مؤشر كبير اعلى قليلا من الضغط داخل المصباح ذي الحجم غير المؤشر الأصغر [8].

2 – 2 الخصائص الكهربائية

تمتلك المصابيح الوميضية العديد من الخصائص المؤثرة في عملها و منها الخصائص الكهربائية ، و من أبرزها خصائص الممانعة (Impedance c / cs) التي تحدد كفاءة انتقال الطاقة من متسعات الخزن إلى المصباح.

إن ممانعة قوس البلازما هي دالة لكل من كثافة التيار و الزمن حيث يتكون القوس (في اغلب أنظمة القدح) من شريط رقيق (Thin streams) ينمو قطرياً حتى يملأ الحجم الكلي للمصباح و تكون فترة النمو سريعة جداً بحدود (5 – 50) مايكرو ثانية للمصابيح التي تمتلك قطراً داخلياً يصل إلى 1,3 سم [9]. خلال فترة نمو القوس تقل ممانعة المصباح مع الزمن الشكل (4), وعند نقطة معينة تزداد قيمتها بسبب الزيادة في تأين الغاز و كذلك بسبب التوسع القطري (Radial expansion) للبلازما المتكونة [3].



الشكل (4) ممانعة المصباح لقيم مختلفة من الطاقة المجهزة للمصباح و محاثة الملفات [3]

و عند استقرار قوس البلازما فأن علاقة الفولتية – التيار تعطى بالمعادلة [11] :-

$$V = k_0 i^{1/2} \quad \text{----------} \quad (1)$$

حيث انه :-
V : الفولتية المجهزة للمصباح الوميضي (فولت)
i : تيار التفريغ الكهربائي (امبير)
K_0 : خصائص الممانعة للمصباح (اوم . أمبير$^{1/2}$)
كما أن :

$$k_0 \approx k \frac{l}{d} \quad \text{----------} \quad (2)$$

حيث ان :-
k : ثابت يعتمد على نوع الغاز المستخدم وضغطهُ .
l : طول قوس البلازما (سم) .
d: القطر الداخلي للمصباح الوميضي (سم) .
اما مقاومة المصباح الوميضي في منطقة التيار العالي ، عندما تملأ البلازما حجم المصباح الكلي فتعطى بالعلاقة [12] :-

$$V = R_1 (i)\, i = \left[\frac{\rho(i) l}{A} \right] i \quad \text{----------} \quad (3)$$

حيث ان :-

$\rho(i)$: مقاومية البلازما المتكونة من غاز الزينون او الكربتون وهي دالة لكثافة التيار (أوم.سم)

A : مساحة المقطع العرضي للمصباح الوميضي (سم^2) .

R_1 : مقاومة المصباح الوميضي (أوم) .

كما ان مقاومية المصباح تختلف باختلاف كثافة التيار حيث يعبر عن مقاومته الزينون تحت ضغط 450 تور بالعلاقة [13] :

$$\rho(i) = \frac{1.13}{j^{½}} \quad \text{----------} \quad (4)$$

J : هي كثافة التيار (أمبير/سم^2).

تصح العلاقة أعلاه لكثافة التيار التي تقع بين (400 -10000) أمبير/سم^2

إما مقاومة المصباح الوميضي (R_1) فتحصل عليها من تعويض المعادلة (4) في المعادلة (3)

$$R_1(i) = 1.27(\frac{l}{d})i^{-½} \quad \text{----------} \quad (5)$$

ان القيمة 1.27 تصح فقط لمصابيح الزينون الوميضية عند ضغط مقداره 450 تور [14]، اما لبقية الضغوط فالعلاقة تصبح :-

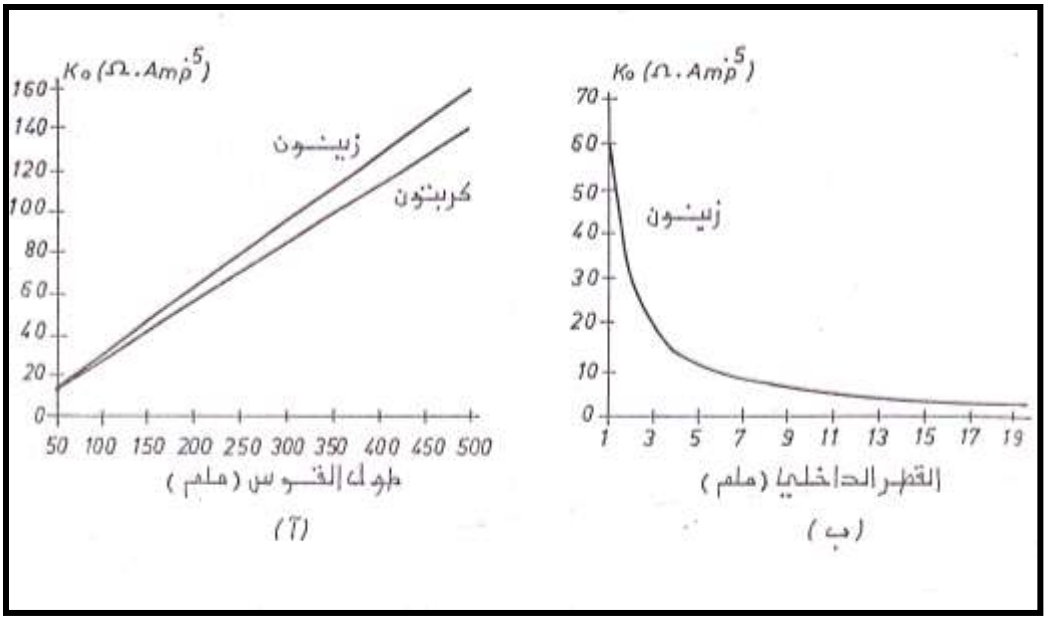
$$K_o = 1.27\left(\frac{p}{450}\right)^{0.2}\left(\frac{L}{d}\right) \quad \text{.....(6)}$$

P : ضغط المصباح الوميضي (تور).

و تعطى قيمة K_0 لمصباح الكربتون الوميضي بالعلاقة:-

$$K_o = 1.27\left(\frac{p}{805}\right)^{0.2}\left(\frac{L}{d}\right) \quad \text{.....(7)}$$

إضافة إلى نوع الغاز و ضغط الملء هناك عامل آخر يؤثر بصورة غير مباشرة في خصائص الممانعة للمصباح الوميضي، إلا و هو الحجم غير المؤثر (البند 2 – 1 – 5) حيث يؤثر في قيمة ضغط الملء فعند تشغيل المصباح تقل قيمة خصائص الممانعة للمصابيح التي تحتوي على حجم غير مؤثر كبير. و يوضح الشكل (5) العوامل المؤثرة على خصائص الممانعة للمصباح الوميضي [2].



الشكل (5) تغيير خصائص الممانعة للمصباح ألوميضي [2]

أ- باختلاف القطر الداخلي ب- باختلاف طول القوس

2 – 3 تبريد المصابيح

تتولد الحرارة في المصابيح الوميضية نتيجة حدوث عملية التفريغ الكهربائي بين الأقطاب، حيث توزع الحرارة بصورة غير متساوية على طول المصباح ويؤدي تراكمها إلى تقليل كفاءته وبالتالي توقفه عن العمل [15]. تعتمد كمية الحرارة المتولدة على مقدار الطاقة الكهربائية المجهزة للمصباح بالإضافة إلى معدل تكرار النبضة (حيث تزداد الحرارة بزيادة هذين العاملين). كما تختلف عملية إزالة الحرارة من جسم المصباح باختلاف التجويف الليزري المتواجد فيه حيث يتواجد المصباح في اغلب الأحيان ضمن نظام مغلق يحد من تسرب الحرارة إلى الخارج. وهنالك العديد من أنظمة التبريد الخاصة بالمصابيح الوميضية والمبينة في الجدول (1).

الجدول (1) يوضح طرائق التبريد المختلفة

نوع التبريد	متوسط تحميل القدرة (واط/سم)
التبريد الذاتي التبريد بوساطة الهواء الطليق التبريد بوساطة الهواء المدفوع التبريد بوساطة السوائل	5 – 0.15 15 – 5 30 – 15 320 – 30

أن جميع أنواع الأغلفة (كوارتز ، بايركس ، --------) تحتوي على قيمة قصوى لتحميل القدرة (Loading power) وتعتمد هذه القيمة على نمط تشغيل المصباح الوميضي، وإن معرفة قيمة تحميل قدرة الغلاف تمكننا من تحديد نوع التبريد الواجب استخدامه.

2 – 4 عمر المصباح الوميضي

لأي مصباح وميضي فترة عمر محددة يعمل بها تحت ظروف التشغيل المعينة ويسمى عمر المصباح الوميضي (Flash lamp life time) وكذلك يمكن تعريفها على أنها عدد النبضات التي بعدها يقلل الضوء المنبعث إلى 50% من قيمته الابتدائية وفي بعض الأحيان تحدث إخفاقات مفاجئة تؤدي إلى توقف عمل المصباح بعد فترة تشغيل وجيزة. أن أفضل طريقة لإيجاد عمر المصباح تكمن بحساب معدل طاقة التشغيل (Operating Energy) إلى طاقة الانهيار (Explosion Energy) [3] وحسب العلاقة الآتية :-

$$N_p = \left[\frac{E_o}{E_x}\right]^{-8.5} \quad \text{.....(8)}$$

عندما :-

N_P :- عدد النبضات

E_o :- طاقة التشغيل (جول)

E_x :- طاقة الانهيار أو الانفجار (جول)

و يمكن حساب طاقة الانهيار [E_x] من العلاقة :-

$$E_o = K_e (T)^{0.5} \quad \text{----------} \quad (9)$$

عندما :-

K_e :- ثابت انهيار النبضة المفردة

T :- ثلث عرض النبضة (ثانية)

اما ثابت انهيار النبضة المفردة (K_e) فيعطى بالعلاقة [2] :-

$$K_e = Q\ L\ d \quad \text{----------} \quad (10)$$

عندما :-

Q :- معامل خاص بنوع الغلاف و يعتمد على القطر الداخلي للمصباح

d :- القطر الداخلي للمصباح الوميضي (سم)

L :- طول القوس (سم)

إن هذه العلاقات يصح تطبيقها عند التشغيل بطاقات عالية حيث إن عمر المصباح في هذه الحالة يعتمد على الإجهاد الميكانيكي للغلاف إضافة إلى مقدار الانحلال الحاصل في جدران المصباح الوميضي إما عند التشغيل بطاقة واطئة فان عمر المصباح يعتمد بالأساس على تأثير الأقطاب وبالذات تذرية مادة الكاثود التي تؤدي الى تقليل شدة الضوء المنبعث، لذا فان استخدام العلاقات السابقة قد يعطي نتائج خاطئة في مثل هذه الحالة. يحدد عمر المصباح الوميضي بدائرة القدح حيث تعتبر دائرة القدح الخارجية (External Trigger) غير ملائمة لإدامة عمر المصباح بعكس دائرة القدح المتوالية (Series Trigger) حيث يمكننا تحقيق عمر مصباح يصل إلى (10^8) نبضة أو يزيد عن ذلك عند استخدام مثل هذه الدائرة في ظروف الحمل المعتدل [16].

2 – 5 تشغيل المصباح الوميضي

يشتغل المصباح الوميضي بواسطة فولتية التشغيل (Operating Voltage) ونبضة القدح (Trigger pulse) اللتان يجهزهما مجهز القدرة (Power supply)الخاص بتشغيل تلك المصابيح . حيث يتكون مجهز القدرة من الأجزاء الأساسية الآتية:-

1- وحدة الشحن Charging unit

2- شبكة تشكيل النبضة Pulse Forming Network

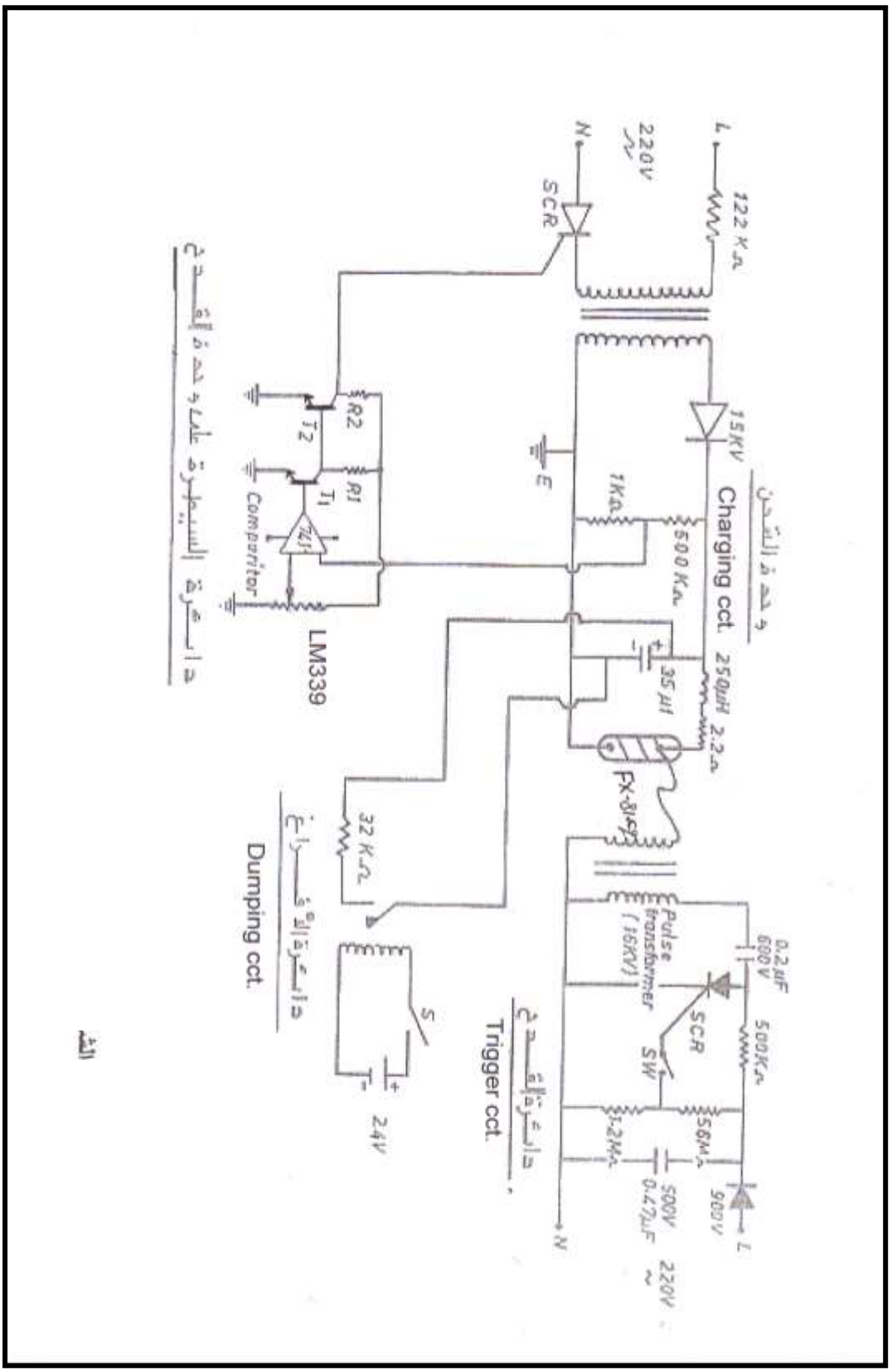
3- دائرة القدح .Trigger cct

هنالك عدة أنواع مختلفة من مجهزات القدرة للمصابيح الوميضية حيث أن شكل النبضة وطاقتها بالإضافة إلى معدل تكرار نبضة الليزر تعتبر من أهم الأمور التي تستأثر باهتمام مصممي مجهزات القدرة لمنظومات الليزر [17، 18]. يحدد شكل النبضة الناتجة عن

المصابيح الوميضية بعدة عوامل أهمها سعة المتسعة ومحاثة الملف بالإضافة إلى مقدار فولتية الشحن وتيار الذروة، كما تختلف ميكانيكية تشكيل النبضة باختلاف مقاومة الحمل والتي تكون على نوعين مقاومة خطية ومقاومة لا خطية [19].

2 – مواد وطرائق العمل

1- تم تصميم وبناء مجهز قدرة (Power supply) ذات مواصفات خاصة لتشغيل المصباح الوميضي.
2- تم تصميم وإنشاء شبكة الأرضي لأجراء عملية القياسات على المصباح الوميضي .
3- تتكون منظومة القياس من جزئين كهربائي وبصري .كما موضح في الشكل رقم (6).
4- راسم الذبذبة (oscilloscope) نوعه[100MHZ] JAPANcos6100A.
5- حاسبة بنتيوم p4 وتعشيقها عن طريق كارت الكتروني رقمي(digital electronic card) للتحسس واستخراج النتائج.
6- استخدمت دائرة القدح الخارجية (External Trigger Circuit) نوع {SCRBTX18-500} لكونها صغيرة الحجم ومتوفرة وقليلة الكلفة وتعمل مع الفولتيات العالية وذات Pulse duration بحدود (0.3 مايكرو ثانية).
7- متحسس (مجس) للفولتيات العالية المتولدة في المصباح الوميضي high voltage probe – p6015.



الشكل (6)مجهز أقدره الكهربائية لوحدة الشحن للمصباح ألوميضي

3 – النتائج والمناقشة

من خلال الشكل رقم (6) والمتضمن مجهز القدرة لتشغيل المصباح الوميضي لضخ الليزرات المختلفة والمكونة من الأجزاء الآتية:-

1- وحدة الشحن (charging unit)

تقوم وحدة الشحن بشحن المتسعة التي تخزن الطاقة إلى فولتية ملائمة لتشغيل المصباح وبزمن يعتمد على معدل تكرار النبضة (pulse repetition average) وتتكون هذه الوحدة من الأجزاء الآتية :-

أ- المحولات : (محولات رافعة للفولتية) بمدى 3 .5KV → 220V وتتحمل تياراً مقداره (45m amp).

ب- متسعات الخزن (storage capacitors) : ذات قيمة 35µf، 6.7KV وتكمن فائدتها بتجهيز المصباح بالفولتية اللازمة للاشتغال ويكون ربطهما تبعا لشكل النبضة ومعدل التكرار فيه.

جـ- مقاومات للسيطرة على الشحن : هذه المقاومات تعمل على تحديد زمن الشحن لقيم المتسعات وتوفير الحماية الازمة للحمولة حيث تحتوي على نقاط تفرع متعددة اعتماد على ربطها بالتوالي.

د- دائرة التقويم (Rectifier cct) : بتحويل الفولتية المتناوبة الى فولتية مستمرة تقريبا ومستخدما معدل نصف الموجة الذي يتكون من 15(دايود) ويتحمل تقريبا فولتية (1 KV) لكل دايود ومربوط على التوالي .

هـ- دائرة السيطرة على الشحن : تقوم هذه الدائرة بتحديد قيمة الفولتية لمتسعات الخزن وبالتالي الفولتية المجهزة للمصباح وتتكون من مفتاح السيطرة الالكتروني (SCR) thyrsistor BTX18-500 الذي يربط على التوالي مع الملف الابتدائي للمحولة وتتم عملية فتح مفتاح السيطرة وغلقه عن طريق المقارن(comparator) LM339، عند البدء يتم تحديد فولتية الشحن المطلوبة باستخدام مقاومة متغيرة(Variable Resistor) الموجودة في لوحة تشغيل مجهز القدرة.

و- دائرة الإفراغ (dumping cct): وتتكون هذه الدائرة في الشكل (6) من مفتاح مغناطيسي يعمل بفولتية مستمرة قدرها 12 فولت مع مقاومة الإفراغ بقيمة 32 كيلو أوم. قد تحدث وقفات في بعض اجزاء الدائرة الكهربائية ثم تتوقف المنظومة كاملة، ويحدث التوقف عندما تكون المتسعة مشحونة مما يؤدي الى فتح غطاء مجهز القدرة الى التعرض لصدمة كهربائية ناتجة عن تفريغ شحن المتسعة.

2- دائرة القدح :- تم ربط دائرة قدح خارجية (External Trigger) وهي تشمل أهم الأجزاء في مجهز القدرة ، وتتكون هذه الدائرة من محولة نبضية (Pulse Transformer) تعمل على إعطاء شرارة قدح (spark gap) بفولتية عالية بحدود 20 KV وبفترة زمنية تقريبا 0.4 مايكروثانية.

يتطلب للأجراء عدة قياسات على المصباح الوميضي وجود شبكة ارضي جيدة تسهل عملية مرور الشحنة الكهربائية اثناء عملية التفريغ وقد تم العمل بها.

3- منظومة التقييس (القياس) كما موضح في الشكل (7) والمكونة من الأجزاء الآتية:-

أ- التقييس الكهربائي ومكون من مقاومة توازي بحدود (45mΩ) لإظهار شكل موجة التيار على القناة الأولى للأوسلوسكوب إما قيم وإشكال الفولتيات وتأشيراتها فتكون واضحة من خلال المجس المرتبط بالحاسوب وهو لإظهار شكل الموجة لقيم الفولتيات.

ب- التقييس البصري ومكون من كاشف (مسيوبيشي PIN) ويعمل بفولتية انحياز عكسي قدرها dc (V 32) وهو يستجيب الى قيم من الاطوال الموجية وسوف يربط بسلك محوري مع جهاز الاوسلوسكوب لإظهار شكل موجة الضوء المنبعثة (Light wave form) من المصباح الوميضي ويوضع هذا الجهاز بين المصباح الوميضي من جهة وملاصقا للكاشف من جهة أخرى مع جهاز الاوسلوسكوب لتسجيل الشدة النسبية الناتجة عن تغيير الأطوال الموجية، ويجب ملاحظة ما هو تاثير دوائر القدح (الخارجية) على عمر المصباح الوميضي فهذا يبين العوامل المؤثرة على المصباح.

بعد عملية التشغيل لهذه المنظومة المتكاملة نبدأ بعملية ملء المصباح الوميضي بالغاز والضغط المطلوبين ومن ثم تتم العملية للتشغيل بتفريغ شحنة المتسعات الغازية خلال المصباح بعد احداث تأين اولي للغاز الموجود داخله عن طريق دائرة القدح نقوم بتغيير الفولتية ويتم اعطاء نبضة القدح لنحصل على ومضة ناتجة عن البلازما المتكونة بعملية التفريغ الكهربائي للقطبين ومن ثم يتم خزن وتسجيل موجة الفولتية والتيار وتحديد قيمتها وكذلك فولتية التشغيل الاولي ، تيار الذروة ، الشدة النسبية ، زمن الصعود .بعد تسجيل القراءات المختلفة يتم ادخالها الى الحاسوب حيث اعد برنامج خاص بلغة (matlab مع c^{++})حيث يقوم بحساب جميع المتغيرات الخاصة بالمصباح الوميضي، من خلال البرنامج نقوم بحساب الطاقة المجهزة للمصباح ، كثافة تيار الذروة، كفاءة انتقال الطاقة الكهربائية ، بالاضافة الى ثوابت المصباح وهي خصائص الممانعة (K_o) مع الاخذ بنظر الاعتبار مقاومة الدائرة الكلية ويمتاز البرنامج بسهولة تشغيله والاستفادة من حساباته.

ولحساب تيار الذروة (I_p) لهذه الدائرة ولقيم مختلفة من الضغوط pressure (bar) عند فولتية التشغيل للمصباح الوميضي علما بان المصباح مملوء بغاز الزينون وكذلك تحديد قطر المصباح والطاقة المجهزة للدائرة الكهربائية واعتمادا على دائرة القدح الخارجية الموضحة في الشكل رقم (6)

لقد أوضح كل من [20, 21, 22] بان تيار الذروة يعتمد على مقدار الطاقة المجهزة للمصباح الوميضي، ومن ثم على قيمة فولتية التشغيل عند ثبوت مقدار سعة المتسعة، وتبعا لدائرة التضاؤل المستخدمة من خلال العلاقة :-

$$I_p = \frac{V_o}{R_L + Z_o} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

حيث انه :-

I_P : تيار الذروة (أمبير)

V_0 : فولتية التشغيل (فولت)

R_L : مقاومة المصباح الوميضي (أوم)

Z_o : ممانعة دائرة التشغيل (أوم)

من خلال الشكل (8) يبين اختلاف الضغوط مع تيار الذروة وقيمة الطاقة المجهزة للمصباح الوميضي ومدى تأثيره على ممانعة المصباح أي العمر الزمني لهُ، كما أشار [20] على ان تيار الذروة لا يعتمد على طول المصباح الوميضي بل يعتمد على مقدار القطر الداخلي له . ويمكن استنتاج ذلك من العلاقة التالية :-

$$I_m = 1.0414\left(\frac{d}{P_m}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

حيث انه :-

d : القطر الداخلي للمصباح الوميضي (سم) .

P_m : المقاومة القصوى لغاز الزينون (سم / أمبير^{½})

والتي تساوي :

$$P_m = 1.15\ J^{-½} \quad \text{---------- (13)}$$

من خلال المعادلات والرسومات تبين انه تأثير سعة المتسعة تؤدي إلى زيادة قيمة تيار الذروة، إما زيادة قيمة محاثة الملف فتؤدي إلى نقصانها كما موضح في الشكل (9). ويمكن توضيح ذلك بالاستناد للعلاقات التالية:-

$$Z_0 = \sqrt{L/C} \quad \text{---------- (14)}$$

نعوض معادلة (11) في معادلة (14) نجد:

$$C = \frac{L}{\left(\frac{V_o}{I_p - R_L}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

هنا يمكن ملاحظة إلى خصائص الممانعة للمصباح الوميضي والتي هي من أهم المتغيرات التي يجب دراستها لتحديد كفاءة المصباح حيث ترتبط بالكثير من العلاقات الخاصة بمتغيرات المصباح الوميضي، كما يبين الشكل (10) علاقة كفاءة انتقال الطاقة الكهربائية كدالة لخصائص ممانعة المصباح الوميضي إذ نلاحظ إن كفاءة الطاقة تزداد بزيادة خصائص الممانعة وتقل بزيادة الطاقة المجهزة للمصباح لقد بين كل من [11] بان خصائص الممانعة تعتمد على إبعاد المصباح وعلى ضغط الملء وتبعا لنوع الغاز المستخدم إضافة إلى اعتماده على تيار التفريغ الكهربائي وبالتالي على تيار الذروة. ويمكن ملاحظة العلاقة التي تربط كفاءة انتقال الطاقة الكهربائية بخصائص الممانعة للمصباح الوميضي :-

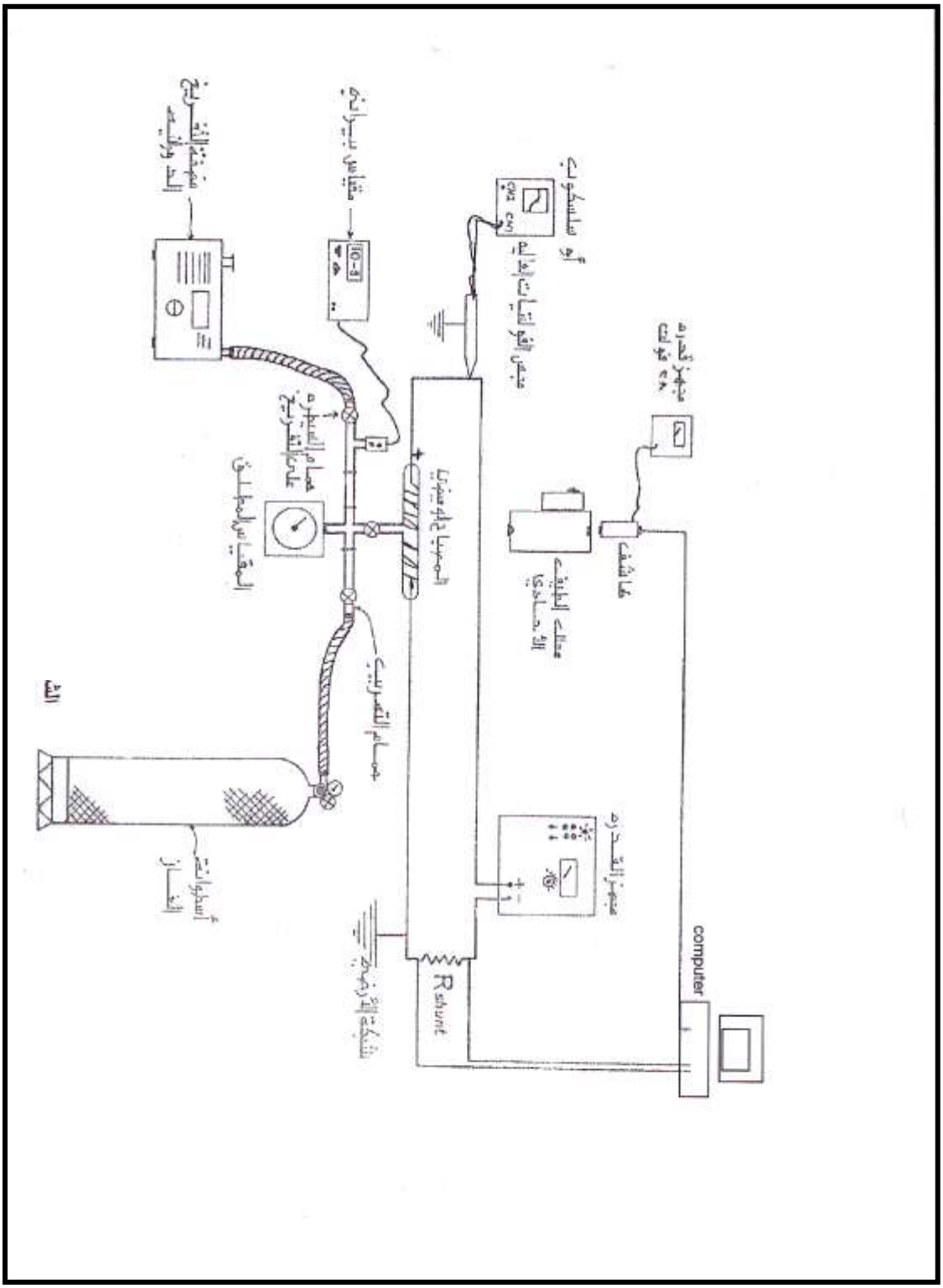
$$\varepsilon_E = \frac{P_{Lamp}}{P_{Lamp} + P_{Loss}} = \frac{K_o}{K_o + R_L (I)^{1/2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

حيث ان :-
ε_E : كفاءة المصباح الوميضي (100%)
P_{Lamp} : القدرة المتبددة في المصباح (واط)
P_{Loss} : القدرة المفقودة في الدائرة الكهربائية (واط)
R_L : مقاومة الدائرة (أوم)
I_p :تيار الذروة (أمبير)

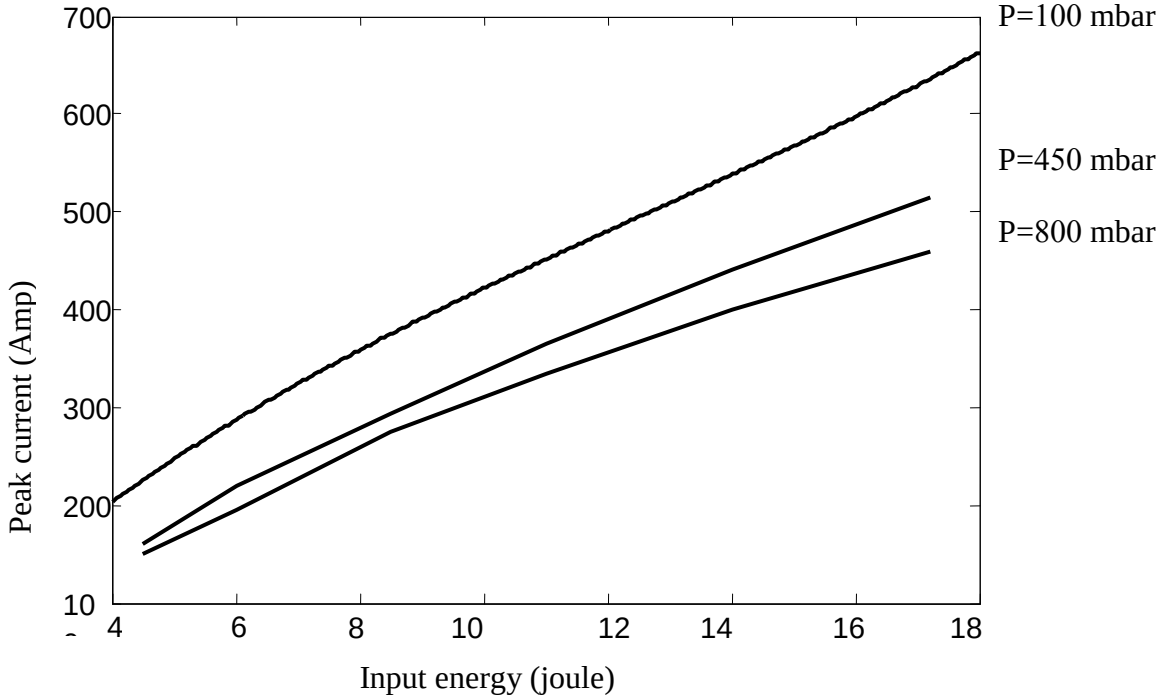
من ذلك يمكن ان نستنتج من إن لشكل ونوع الأقطاب أهمية في تحديد عمر المصباح الوميضي حيث تؤدي عمليات التذرية (Sputtering) الناتجة من الكاثود التي تكون مناطق معتمة على السطح الداخلي لغلاف المصباح والتي تؤدي بدورها إلى توهين الشدة الضوئية المنبعثة من المصباح [7]، يمكن ملاحظة الاختلاف بين الضغوط العالية والواطئة ومقدار تأثيرها على قيم فولتيات الدائرة للمصباح الوميضي حيث انه في الضغوط العالية فأن عملية القدح تكون أصعب مما يتطلب زيادة فولتية الانهيار وفولتية القدح، لذا فان الحسابات الدقيقة لعمر المصباح غير ممكنة لانها تقع تحت تأثيرات خارجية متمثلة بنوعية دائرة القدح ومادة الاقطاب والغلاف إضافة إلى طبيعة تشغيل المصباح الوميضي ودوائر السيطرة له.

4- الاستنتاجات

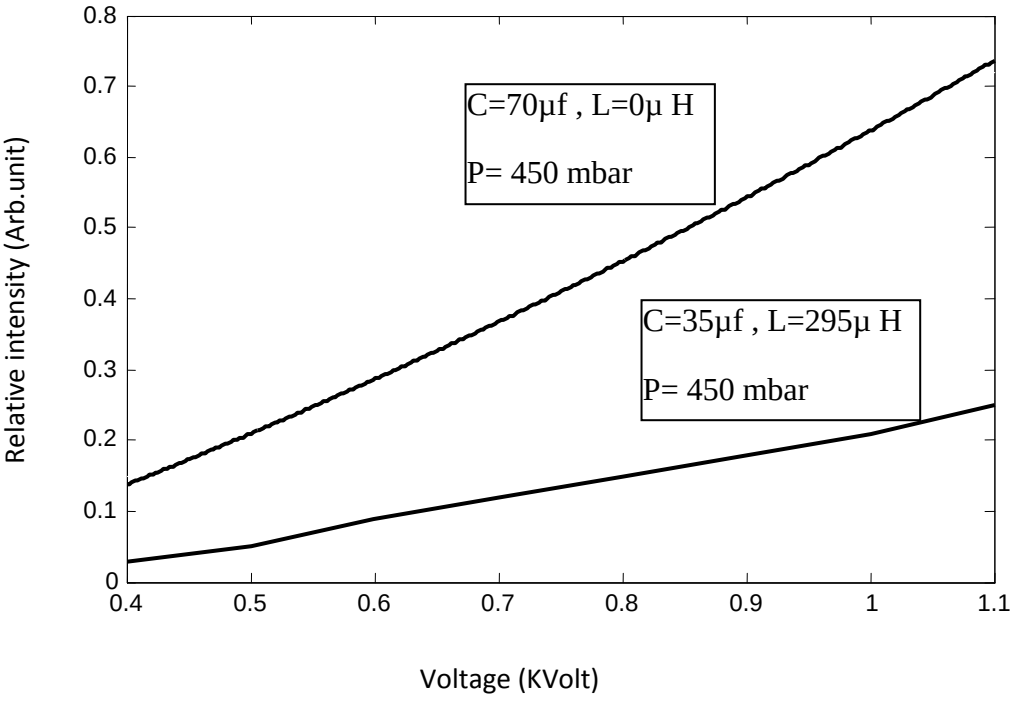
1- استخدام طريقة القدح الخارجي للمصباح تؤدي الى التقليل من عمر المصباح (عمر أطول وغير قابل للتلف) وكذلك يمكن ان يقلل من عملية تأكل الاقطاب الحاصلة في المصباح.
2- ان شكل نبضة الضوء المنبعث من المصباح تختلف باختلاف دائرة التشغيل الكهربائية والدائرة البصرية فيه ودائرة التقييس والسيطرة.
3- يمكن أجراء شبكة تأريض (ارضي) على شبكة المصباح الوميضي وطرق السيطرة عليها اعتمادا على خصائص هذا المصباح.
4- يجب ملاحظة اختيار غلاف المصباح ونوع المادة المصنع منها ودوائر القدح المناسبة بما يتلائم وطيف امتصاص الوسط الفعال وقيمة ممانعات المستخدمة وكذلك تحليل ورسم المعادلات المتعلقة بهما.
5- تمت ملاحظة ان الشدة النسبية للضوء المنبعث تعتمد على نوع الغاز وضغطه إضافة إلى مقدار خصائص الممانعة للمصباح الوميضي K_0 .



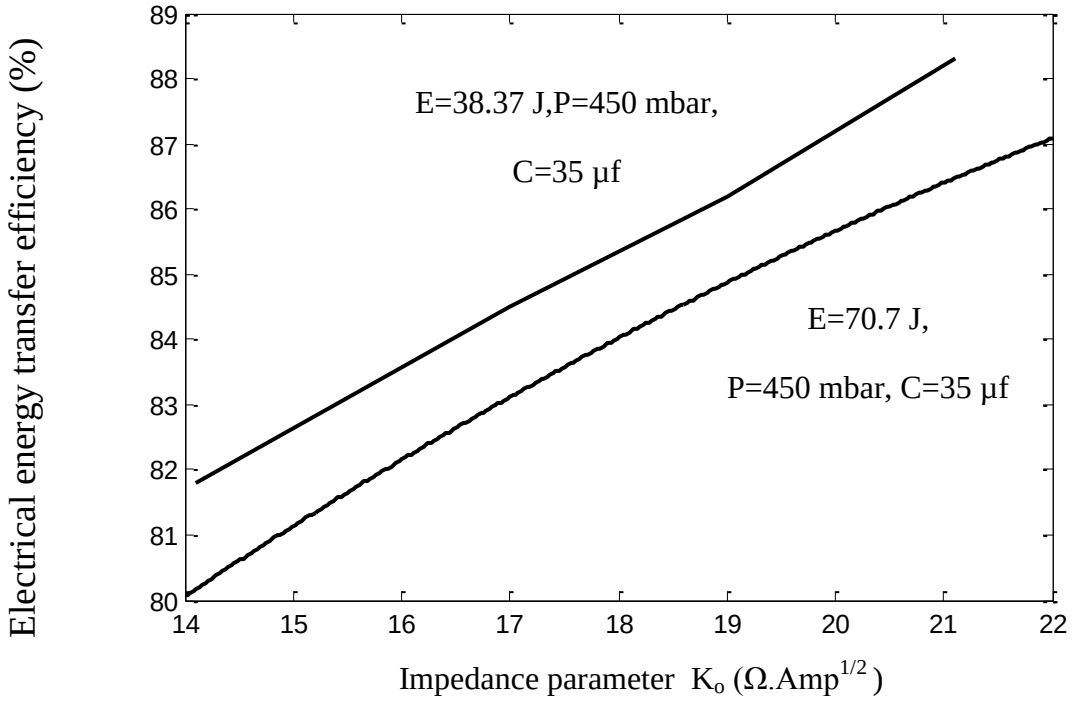
شكل (7) يوضح أجزاء منظومة التقييس(البصريه +الكهربائية)



شكل (8) علاقة تيار الذروة بالقدرة المجهزة لمصباح الزينون ألوميضي ولضغوط مختلفة



الشكل (9) علاقة الشدة النسبية للضوء المنبعث بالفولتية المجهزة للمصباح ألوميضي ولقيمة من سعة المتسعة ومحاثة الملفات



الشكل (10) يوضح كفاءة انتقال الطاقة الكهربائية كدالة لخصائص ممانعة المصباح ألوميضي

المصادر:

1- T.Efthymiopoulos & B. K. Garside, applied optics / vol. 16, NO.3 (1993) p 275.

2- Flash Lamps are our business – book 4-, Catalogue of Q-Arc Limited Co.(U.K)(2007).

3- Walter Koechner, (Solid-state Laser Engineering) Springer –Verlag, New York INC. (1976) ch1, p 65,82.

4- A.Marotta & R.M.O.Galvao appl. Phs.Lett/.33(4)-(1984), p295.

5- Flash Lamp for since and industry, Catalogue of Noble Light Ltd.(U.K) (1998).

6- R. D. Hudson. (infrared system engineering) J. willing and sens ; new York , (1999). p1832.

7- Kuffel &M.Abdullah, (High Voltage Engineering), oxford , pergamon (2009) ch3 p126,132.

8- M.B.Pavies,P.Sharman & J.K. WRIGHT,IEEE Joutnal of Quantum Electlonics, VOL.4,No.4 (1977), p562.

9- M.J.Kushner, J.appl. Phys /57 (7) – (1988), p3486.

10- W.F.Hug & R.C. LEE , IEEE Transactions on electron devices, VOL.ED – 23 ,Q.12 (1976); p 2145.

11- J.P.Markiewicz & J.L Emett , IEEE Journal of Quantum Electlonics, VOL,QE-2 , NO 52 (1996) p707.

12- D.E.Perlman; the review of scientific instruments , VOL.38,NO.1 (1967) p68

13 J.H.Concz , Journal of apply. Phs/ .VOL. 46, NO.3 (1985); p742.

14- D.E.Perlman , the Review of scientific inst. VOL.73,NO.3 (1966) ; p340.

15- P.J.Walsh, T.J.Hammond & W.Lama; Applied optics /VOL.35 , NO.13 (1997), p 293.

16- W.R.Hook, R.H .Dishngtonf, R.P.Hilbrg, IEEE Trans, Electron Devices VOL ED-19; NO.3 (2008) p 496.

17- A.Buck, R.Erickson & F.Barnes; Communications /3(1987), p 2115.

18- J.A.Mrockowski & R.H.Mhburn, Rev.sci.Instrum , VOL.84 ,NO.12 (2009) , p1555.

19- P.J.Walsh, Lama & T.J .Hmmond; J. appl. Phys/.52 NO (9) (1989) p 5476.

20- D.E.Perlman (the review of scientific instruments) VOL 48 , NO.6 (2004) p 103.

21- D.C.Brown & T.N, NEE (IEEE trans. Electron devices) VOL.ED-34, NO.11 (2008) p1245.

22- P.J.Walsh,W.Lama & T.J.Hammonod (J. appl. Phys)/83(2) ,(1987), p5624.