

## استعمالات الثنائيات البلورية (Diode Applications)

تعتبر كل من الصمامات الثنائية والثنائيات البلورية عنصران مهمان في الكثير من الاجهزة والدوائر الالكترونية ولها استخدامات عديدة في مجال الالكترونيات. حيث ان كل منهما يسمح للتيار بالمرور في اتجاه واحد وبالتالي فإن منحنى الخواص (I-V) متماثل لكل منهما وبالتالي فإن استعمالها يكون واحداً. الا ان الثنائيات البلورية تفضل على الصمامات الثنائية المفرغة بالمميزات التالية:

1. الاستهلاك القليل للقدرة (اي عدم الحاجة الى الطاقة اللازمة لتسخين الفنائيل).
2. صغر الحجم وخفة الوزن.
3. طول عمر هذه الاجهزة (يبلغ عشرات الالاف من الساعات مقارنة مع عمر الصمامات الثنائية المفرغة).
4. المتانة الميكانيكية العالية (تتحمل الصدمات والمؤثرات الميكانيكية الاخرى).

وعلى الرغم من كل هذه المميزات الا ان للثنائيات البلورية عيوب وهي:

1. الاختلاف الواسع بين ثوابت الثنائيات ذات الطراز الواحد.
2. الاعتماد الشديد لخصائص هذه الثنائيات على درجة الحرارة.
3. لا تصلح الكثير منها للعمل في الترددات العالية.
4. لا تستطيع العمل مع القدرات العالية.
5. يسوء عمل هذه الثنائيات بتأثير الاشعاع المؤين.

### ● مجهز القدرة (Power Supply)

ان اغلب الاجهزة والدوائر الالكترونية تحتاج الى مجهز قدرة مستمر. ومجهز القدرة هو جهاز يحول الجهد المتناوب المجهز تجارياً للمدن والمعامل الى جهد مستمر يصلح لتشغيل الدوائر الالكترونية وهو يتركب من ثلاث عناصر رئيسية:

1. المحولة.
2. المعدل او (المقوم).
3. المرشح.

وفي مجهز القدرة يجب ملاحظة الاعتبارات التالية:

### 1. كفاءة التعديل (rectification efficiency)

وتدعى احياناً بكفاءة تحويل القدرة (efficiency of power conversion) وهي النسبة بين القدرة المستمرة الخارجة في

$$\eta = \frac{(P_{D.C})_{out}}{(P_{A.C})_{in}} \times \dots\dots\dots (4-1) \quad \text{مقاومة الحمل والقدرة المتناوبة الداخلة. ويرمز لها بالرمز } (\eta) \text{ اي ان:}$$

**100%**

وهي تعني ايضاً الكفاءة التي يتحول بها التيار او الجهد المتناوب الى تيار او جهد مستمر.

### 2. انتظام الجهد (voltage regulation)

وهو قياس لقابلية المعدل في الحفاظ على قيمة معينة من الجهد المستمر الخارج مع التغير الحاصل في مقاومة الحمل وتكون النسبة

$$\gamma = \frac{V_{D.C} \text{ حمل كامل} - V_{D.C} \text{ بدون حمل}}{V_{D.C} \text{ حمل كامل}} \times 100\% \dots\dots\dots (4-2)$$

المئوية لانتظام الجهد ( $\gamma$ ) كما يلي:

وبالنسبة لمجهز القدرة المثالي فإن الجهد الخارج (او التيار الخارج) لا يعتمد على مقاومة الحمل, اي ان النسبة المئوية لانتظام الجهد يساوي صفر.

### 3. القيمة العظمى للجهد المعكوس (peak inverse voltage)

تعرف القيمة العظمى للجهد المعكوس ( $V_{piv}$ ) بأنها اعلى قيمة انية للجهد الداخل في الاتجاه الذي يعطي انخياراً معكوساً للثنائي. فعندما لا يمر تيار في الثنائي (اي خلال نصف الموجة السالب) فإن الجهد الداخل سيكون مسلوفاً على الثنائي باقطاب معكوسة. الا انه عند زيادة هذا الجهد عن الحد المعين سيمر تيار كبير في الثنائي باتجاه معكوس وهذا تنتهي ميزته في التعديل وقد يؤدي هذا التيار الى تحطيم الثنائي. لهذا السبب يجب عدم تسليط جهد معكوس اكبر من القيمة العظمى للجهد المعكوس للثنائيات المستخدمة لتفادي تلفها.

### 4. عامل التموج (او النموذج) (ripple factor)

يعمل المعدل على تحويل التيار (او الجهد) المتناوب الى تيار (او جهد) في اتجاه واحد. اي ذو نبضان دورية تحتوي على مركبات متناوبة اضافة الى الجزء المستمر المطلوب. ويطلق على المركبات المتناوبة بالتموجات ولهذا السبب تستعمل المرشحات لتقليل هذه التموجات وكمياس للتموجات في التيار او الجهد يعرف عامل التموج ( $r$ ):

$$r = \frac{\text{القيمة الفعالة للمركبة المتناوبة في الاشارة}}{\text{القيمة المتوسطة للاشارة}} = \frac{V_{A.C}}{V_{D.C}} = \frac{I_{A.C}}{I_{D.C}} \dots\dots\dots (4-3)$$

$$I_{rms} = (I_{A.C}^2 + I_{D.C}^2)^{1/2} \quad , \quad V_{rms} = (V_{A.C}^2 + V_{D.C}^2)^{1/2}$$

$$I_{A.C} = (I_{rms}^2 - I_{D.C}^2)^{1/2} \quad \rightarrow \quad r = \frac{(I_{rms}^2 - I_{D.C}^2)^{1/2}}{I_{D.C}} \quad , \quad r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{D.C}}\right)^2 - 1}$$

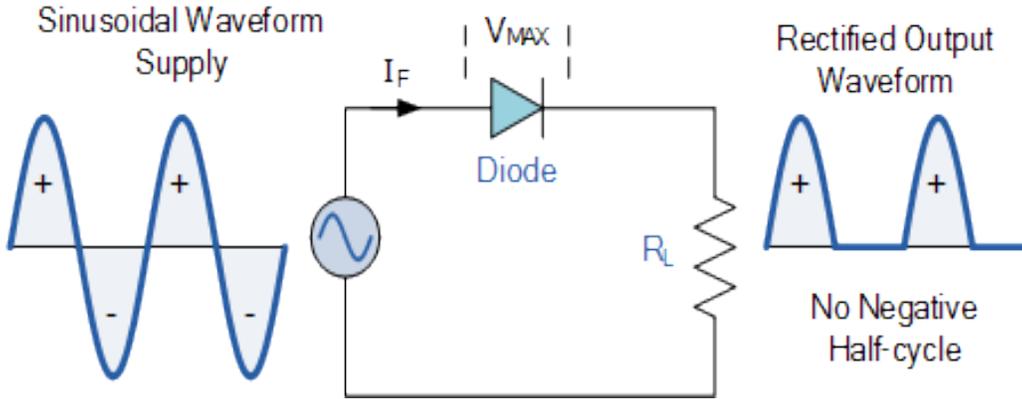
حيث ان  $I_{rms}$  يحتوي على مركبتي التيار المتناوب  $I_{A.C}$  والمستمر  $I_{D.C}$ .

### • التقويم (rectification)

يقوم المقوم او المعدل (rectifier) بتحويل شكل موجة جيبية داخلية (والتي متوسط قيمتها يساوي صفرافاً) كما هو الحال في التيار المتناوب الى شكل موجة ذات اتجاه واحد (ومتوسط قيمتها لا يساوي صفرافاً), وذلك اعتماداً على خاصية الثنائي بأبداء مقاومة صغيرة للتيار بالاتجاه الامامي ومقاومة كبيرة بالاتجاه العكسي. وتصنف المعدلات الى عدة انواع منها:

#### 1- مقوم نصف الموجة (half wave rectifier)

يمثل الشكل (1-4) مقوم نصف الموجة مثالي مع اهمال مقاومة المحولة والمؤثرات الاخرى.



شكل (4-1) دائرة مقوم نصف الموجة مع الاشارة الداخلة والخارجة

يمكن تمثيل الجهد المتناوب الداخل في الدائرة من الملف الثانوي للمحولة بالمعادلة الجيبية:

$$V_i = V_m \sin wt \dots\dots (4-1)$$

حيث ان  $V_m$  هو سعة الجهد الداخل و  $w$  هو التردد الزاوي للاشارة الداخلة. عند نصف الموجة الموجب يمكن تمثيل التيار المار في المقاومة  $R_L$  كما يلي:

$$i = I_m \sin wt \quad \text{when } 0 \leq wt \leq \pi \dots\dots (4-2)$$

وفي نصف الموجة السالب يكون:

$$i = 0 \quad \text{when } \pi \leq wt \leq 2\pi \dots\dots (4-3)$$

ان القيمة العظمى للتيار المار في مقاومة الحمل هي:

$$I_m = \frac{V_m}{R_L} \dots\dots (4-4)$$

وبما ان مقاومة الثنائي عند توصيله هي  $R_f$  فان معادلة (4-4) تصبح:

$$I_m = \frac{V_m}{(R_L + R_f)} \dots\dots (4-5)$$

**D.C امبير:** ان الامبير الخاص بقياس التيار المستمر مصمم بحيث ان انحراف المؤشر يعطي معدل التيار المار فيه، وبالتعريف فان معدل القيمة لدالة دورية (periodic function) يساوي المساحة تحت دورة واحدة مقسمة على طول القاعدة، ويمكن

تمثيل معدل القيمة للتيار  $I_{D.C}$  كما يلي:

$$I_{D.C} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} id(wt) \dots\dots (4-6)$$

وعند تطبيق هذه المعادلة على الاشارة الخارجة من معدل نصف الموجة الممثل بالمعادلتين (4-2) و (4-3) نحصل على:

$$I_{D.C} = \frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^\pi I_m \sin wt \, d(wt) + \int_\pi^{2\pi} (0) \, d(wt) \right] = \frac{I_m}{2\pi} [-\cos wt]_0^\pi$$

$$I_{D.C} = \frac{I_m}{\pi} = 0.318 I_m \dots\dots\dots (4-7)$$

او

$$I_{D.C} = \frac{V_m}{\pi R_L}$$

وعند اخذ مقاومة الشنائي  $R_f$  بنظر الاعتبار في حالة الانحياز الامامي فان قراءة الاميتر ستكون:

$$I_{D.C} = \frac{V_m}{\pi (R_L + R_f)} \dots\dots\dots (4-8)$$

**D.C فولتميتر:** تكون قراءة الفولتميتر المربوط على التوازي مع مقاومة الحمل  $R_L$  كما يلي:

$$V_{D.C} = I_{D.C} R_L = \frac{I_m}{\pi} R_L$$

but  $I_m = \frac{V_m}{R_L}$  so  $V_{D.C} = \frac{V_m}{\pi} = 0.318 V_m \dots\dots\dots (4-9)$

واذا كانت مقاومة الشنائي في الانحياز الامامي  $R_f$  فيمكن كتابة الجهد المستمر كالتالي:

$$V_{D.C} = \frac{V_m R_L}{\pi (R_L + R_f)} = \frac{V_m}{\pi (1 + \frac{R_f}{R_L})} \dots\dots\dots (4-10)$$

اي ان مقدار الجهد المستمر  $V_{D.C}$  الخارج , يعتمد على مقدار مقاومة الحمل  $R_L$  ويتغير بتغيرها. ومن هذا يتضح ان انتظام الجهد ضعيف ولكن عندما تكون  $R_f \ll R_L$  فان الجهد الخارج يكون ثابتاً وبهذا يكون انتظام جيداً. ويمكن إيجاد العلاقة بين

$$I_{D.C} R_L = \frac{V_m}{\pi} - I_{D.C} R_f = 0.318 V_m - I_{D.C} R_f$$

$$V_{D.C} = \frac{V_m}{\pi} - I_{D.C} R_f \dots\dots\dots (4-11)$$

من معادلة (4-11) يتضح انه عندما تكون مقاومة الشنائي ( $R_f = 0$ ) فان الجهد المستمر  $V_{D.C}$  يساوي  $\frac{V_m}{\pi}$  ويقل الجهد  $V_{D.C}$  كلما ازدادت مقاومة الشنائي  $R_f$  في الانحياز الامامي . ويتناسب النقصان في الجهد طردياً مع الزيادة في التيار  $I_{D.C}$  . يتضح مما تقدم ان المقاومة الداخلية المؤثرة لدائرة المقوم هي مقاومة الشنائي  $R_f$ , ولكن من الناحية العملية فان مقاومة الملف الثانوي للمحولة  $R_t$  تكون ذات تأثير كبير على النتائج ويجب اضافتها الى  $R_f$  , لان المحولة مربوطة على التوالي مع الشنائي.

**A.C اميتر:** عند ربط الاميتر المصمم لقياس التيار المتناوب في الدائرة (4-1) فإن انحراف المؤشر يدل على القيمة الفعالة للتيار

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i^2 d(wt) \dots\dots\dots \text{المار خلاله } (I_{rms}). \text{ وتكون القيمة الفعالة للتيار:}$$

(4-12)

وبتعويض المعادلتين (4-2) و (4-3) في معادلة (4-12) نحصل على:

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_m^2 \sin^2(wt) d(wt)$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = \frac{V_m}{2(R_L + R_f)} \dots\dots\dots (4-13)$$

ويجب الملاحظة هنا بان القيمة الفعالة في المعادلة (4-13) تختلف عن القيمة الفعالة للموجة الجيبية والتي تساوي  $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$  واما القيمة

الفعالة للجهد المتناوب  $V_{rms}$  على طرفي مقاومة الحمل فهي:

$$V_{rms} = I_{rms} R_L = \frac{V_m}{2(R_L + R_f)} R_L$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2(1 + \frac{R_f}{R_L})} \dots\dots\dots (4-14)$$

يمكن حساب القدرة المتناوبة الداخلة  $P_{A.C}$  الى الدائرة:

$$P_{A.C} = I_{rms}^2 (R_L + R_f) = \left(\frac{I_m}{2}\right)^2 (R_L + R_f) \dots (4-14)$$

اما القدرة المستمرة الخارجة  $P_{D.C}$  المستهلكة في مقاومة الحمل  $R_L$  فهي:

$$P_{D.C} = \left(\frac{I_m}{\pi}\right)^2 R_L \dots\dots\dots (4-15)$$

ويمكن حساب كفاءة التعديل لدائرة مقوم نصف الموجة من معادلة (4-1) وتساوي:

$$\eta = \frac{\text{القدرة الخارجة المستمرة}}{\text{القدرة الداخلة المتناوبة}} \times 100\% = \frac{\left(\frac{I_m}{\pi}\right)^2 R_L}{\left(\frac{I_m}{2}\right)^2 (R_L + R_f)} \times 100\% = \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{100}{1 + \frac{R_f}{R_L}} \%$$

$$\eta = \frac{40.5}{1 + \frac{R_f}{R_L}} \%$$

بصورة عامة فإن  $R_f \ll R_L$ , لذا فإن الكمية  $\frac{R_f}{R_L}$  تكون صغيرة ويمكن اهمالها. ولهذا يمكن القول ان  $(\eta)$  لا تعتمد على تيار او مقاومة الحمل في هذا النوع من المعدلات اي ان اعلى قيمة نظرية لكفاءة التعديل في معدل نصف الموجة هي (40.5%).

اما النسبة المتوية لانتظام الجهد لدائرة مقوم نصف الموجة فيمكن ايجادها باستخدام معادلة (4-2), حيث ان قيمة  $V_{D.C}$  بدون حمل تساوي  $\frac{V_m}{\pi}$  وقيمتها بحمل كامل هي  $V_{D.C} = I_{D.C} \cdot R_L = \frac{I_m}{\pi} \cdot R_L = \frac{V_m R_L}{\pi (R_L + R_f)}$  (معادلة 4-2) نحصل:

$$\gamma = \frac{\frac{V_m}{\pi} - \frac{V_m R_L}{\pi (R_L + R_f)}}{\frac{V_m R_L}{\pi (R_L + R_f)}} = \frac{R_f}{R_L} \dots\dots\dots (4-16)$$

ومن المعادلة (4-16) نلاحظ اعتماد انتظام الجهد على قيمة  $R_f$ . علماً ان مقاومة المحولة  $R_t$  قد تم اهمالها, الا انها تضاف الى  $R_f$  عند عدم اهمالها.

اما القيمة العظمى لانتظام الجهد  $V_{piv}$  فيمكن تحديدها في دائرة مقوم نصف الموجة بالنظر الى الجهد بين طرفي الثنائي عندما لا يكون موصلاً للتيار (عندما يكون منحاز عكسياً) ولهذا يساوي القيمة  $V_m$  والذي يمثل سعة الموجة الخارجة من الملف الثانوي للمحولة. اي ان:

$$V_{piv} = V_m \dots\dots\dots (4-17)$$

اما عامل التموج (ripple factor) في دائرة مقوم نصف الموجة فيمكن حسابه من معادلة:

$$r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{D.C}}\right)^2 - 1}$$

وبالتعويض عن  $I_{D.C}$ ,  $I_{rms}$  نجد ان:

$$r = \sqrt{\left(\frac{I_m/2}{I_m/\pi}\right)^2 - 1} = 1.21$$

اي ان القيمة الفعالة للجهد المتناوب أكبر من الجهد المستمر الخارج. وهذا يعني ان معدل نصف الموجة بدون دائرة ترشيح هو جهاز تعديل ضعيف نسبياً.

مثال / سلط الجهد  $200 \sin 100\pi t$  في دائرة معدل نصف موجة يحتوي على صمام ثنائي مفرغ مقاومته  $R_f = 1000\Omega$ . فإذا كانت مقاومة الحمل  $R_L = 10^4\Omega$ . أحسب: 1- سعة التيار. 2- متوسط التيار. 3- القيمة الفعالة للتيار. 4- القدرة المتناوية الداخلة. 5- القدرة المستمرة الخارجة. 6- كفاءة التعديل. 7- عامل التموج او (المويجة).

الحل / 1- سعة التيار  $I_m$  تساوي:

$$I_m = \frac{V_m}{R_L + R_f} = \frac{200V}{(10^3 + 10^4)\Omega} = 0.01818A = 18.18mA$$

2- متوسط التيار  $I_{D.C}$  يساوي:

$$I_{D.C} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{0.018A}{3.14} = 0.00579A = 5.79mA$$

3- القيمة الفعالة للتيار  $I_{rms}$ :

$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = \frac{0.018A}{2} = 0.00909A = 9.09mA$$

4- القدرة المتناوية الداخلة  $P_{A.C}$ :

$$P_{A.C} = (I_{rms})^2 (R_L + R_f) = (0.00909A)^2 (10^3 + 10^4)\Omega = 0.909 \text{ watt}$$

$$P_{D.C} = (I_{D.C})^2 R_L = (0.00579A)^2 10^4 \Omega =$$

5- القدرة المستمرة الخارجة  $P_{D.C}$ :

$$0.335 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{(P_{D.C})_{out}}{(P_{A.C})_{in}} \times 100\% = \frac{0.335 \text{ watt}}{0.909 \text{ watt}} \times 100\% =$$

6- كفاءة التعديل  $\eta$ :

$$36.8\%$$

$$r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{D.C}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{0.00909A}{0.00579A}\right)^2 - 1} = 1.21$$

7- عامل التموج  $r$ :

سؤال واجب / ربط  $A.C, D.C$  اميتر في دائرة معدل نصف موجة. فإذا كانت مقاومة المعدل  $500\Omega$  ومقاومة الحمل

$4500\Omega$  والجهد الداخل  $V = 1000 \sin wt$ . جد قراءة كل من الاميترين واحسب القدرة الكلية الداخلة.