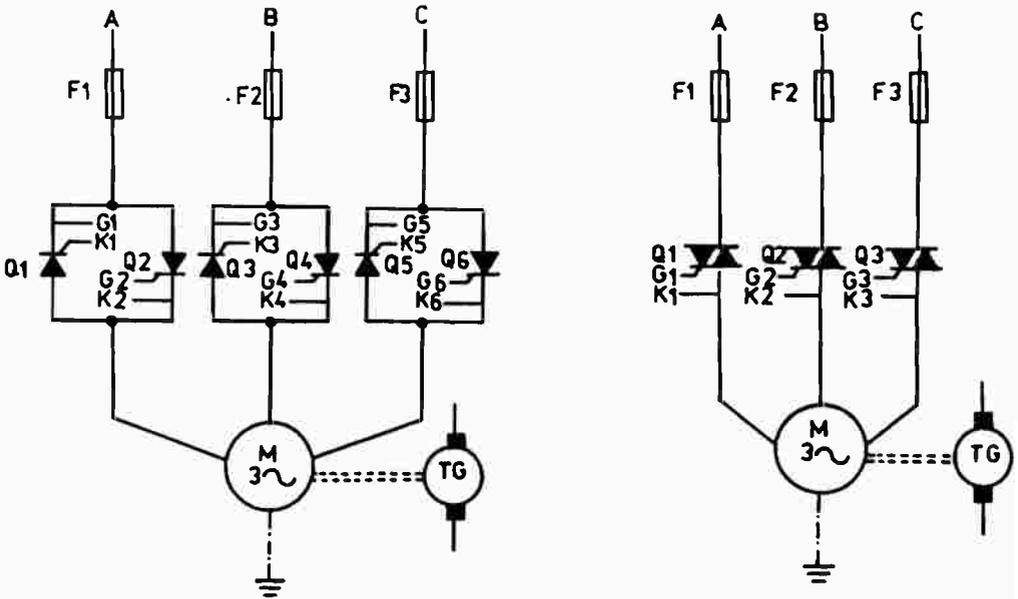


الباب الخامس
تطبيقات على التحكم فى آلات
التيار المتردد الثلاثية الأوجه

تطبيقات على التحكم في آلات التيار المتردد الثلاثة الأوجه

١ / ٥ التحكم في سرعة محرك استنتاجي 3 ϕ بالتحكم في جهد أطرافه:

الشكل (١-٥) يعرض دائرة القدرة لمحرك استنتاجي ثلاثي الوجة يتم التحكم في سرعته بالتحكم في جهد أطرافه، باستخدام ثلاث ترياكات (الشكل أ) وباستخدام عدد 6 ثايرستور (الشكل ب).



الشكل (١-٥)

وتختار الترياكات والثايرستورات حسب قدرة المحرك، أما المصهرات $F_1 - F_3$ تبعاً لتيار المحرك ويثبت مولد تاكو على عمود إدارة المحرك بحيث يوصل الطرف السالب للمولد بالأرضى.

والشكل (٢-٥) يبين دائرة الإشعال لدائرة القدرة المبينة بالشكل (٥ - أ).

عناصر دائرة الإشعال :

$10K\Omega$ مجزئ جهد R_7	مقاومة كربونية $1K\Omega$ R_1
$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_8	مقاومة كربونية $1K\Omega$ R_2
$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_9	مقاومة كربونية $1K\Omega$ R_3
$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_{10}	مجزئ جهد $100K\Omega$ R_4
$2.7K\Omega$ مقاومة كربونية R_{11}	مقاومة كربونية $47K\Omega$ R_5
$2W, 2\Omega$ مقاومة كربونية R_{12}	مقاومة كربونية $100K\Omega$ R_6
$6.8K\Omega$ مقاومة كربونية R_{13}	

مكثفات كيميائية سعتها $0.1 \mu F$ وجهده $25V$ $C_1 - C_4$

ثنائيات سليكونى طراز 1N 914 D_1, D_2

ثنائى سليكونى طراز 1N 4732 D_3

ثنائى سليكونى طراز 1N 4001 D_4

مكبر عمليات طراز LM 324 A, B

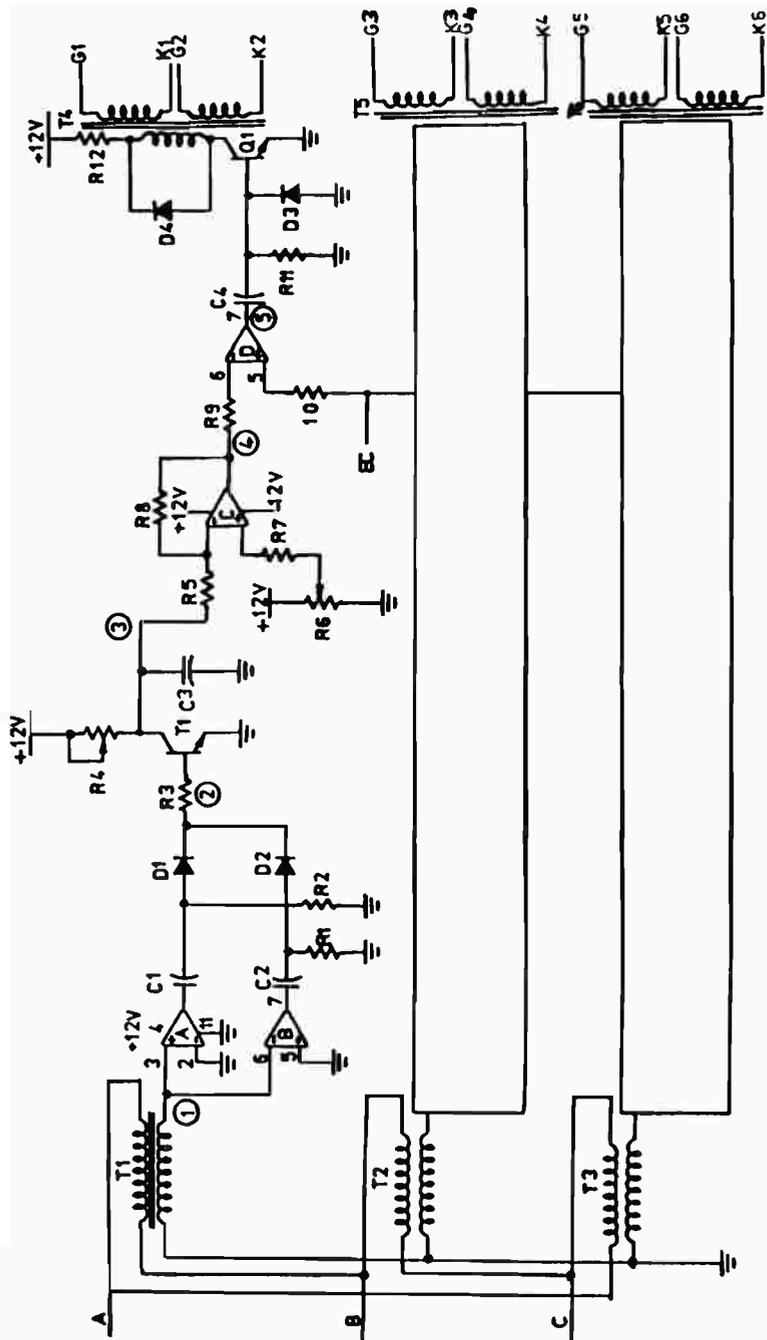
مكبر عمليات طراز LM 324 C, D

محولات خفض $220/6V$ وسعته $15VA$ T_1

محول نبضات بملفين ثانويين بنسبة تحويل 1 : 1 T_4

ترانزستور NPN طراز BC 108 B Q_1

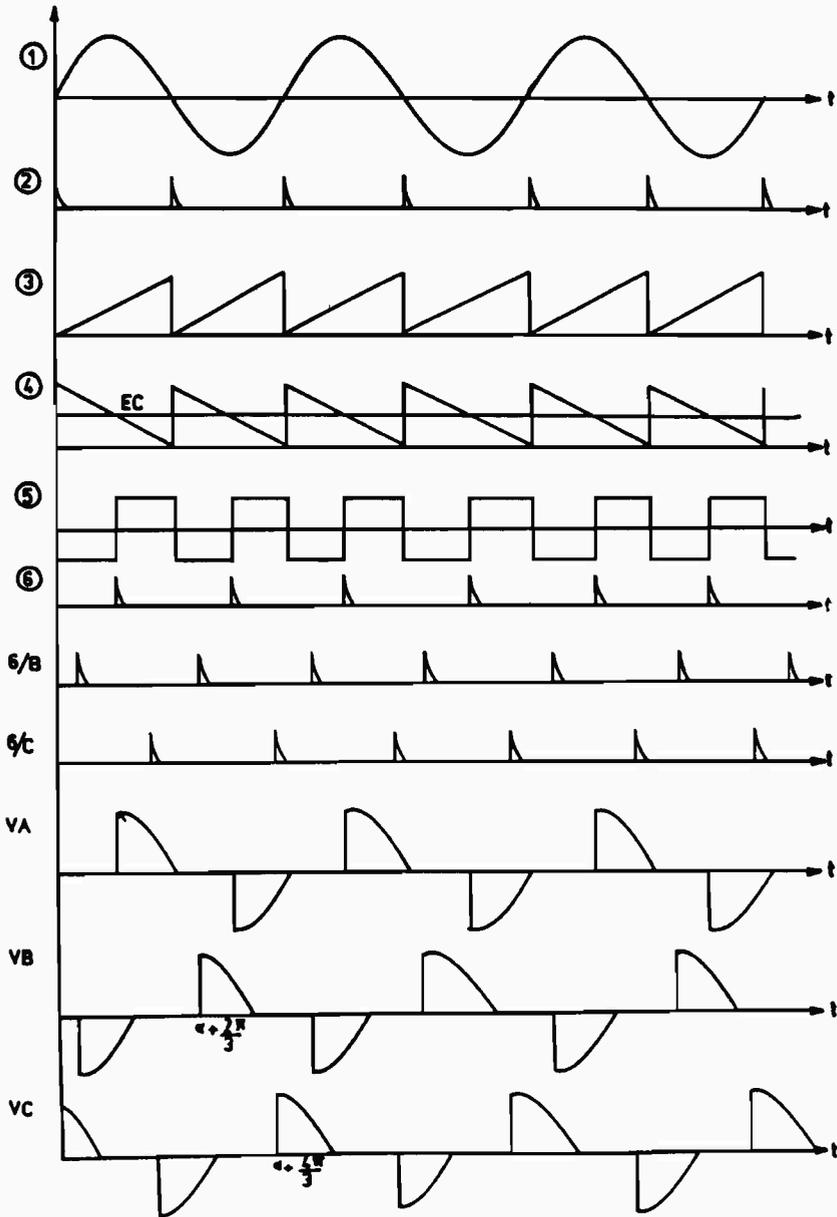
وتضاعف هذه العناصر ثلاث مرات .



الشكل (٧-٥)

نظرية التشغيل:

لاستيعاب نظرية التشغيل سنستعين بموجات الجهد عند النقاط المختلفة لدائرة الإشعال، والمبينة بالشكل (٣-٥).



الشكل (٣-٥)

ويمكن تقسيم دائرة إشعال الوجه A إلى ست مراحل، وهي كما يلي :

١ - يقوم المحول T_1 بخفض الجهد من $220\text{ V} / 6\text{V}$ (الموجة 1).

٢ - يقوم كاشف عبور الصفر المؤلف من المكبرات A, B والمكثفات C_1, C_2 والثنائيات D_1, D_2 والمقاومات R_1, R_2 بإخراج نبضة لحظة عبور موجة الجهد بالصفر (الموجة 2).

٣ - يتحول الترانزستور T_1 لحالة الوصل عند وصول نبضة عالية لقاعدته فيتوقف مولد النبضات المثلثة والمؤلف من R_4, C_3 ، في حين تخرج النبضات المثلثة Ramp طبيعياً عندما يكون خرج كاشف عبور الصفر صفراً (الموجة 3).

٤ - يقوم المكبر المقارن D بمقارنة خرج مولد النبضات المثلثة مع جهد التحكم E_C (الموجة 5).

٥ - يقوم المفاضل المؤلف من R_5, C_4 بمفاضلة خرج المقارن D (الموجة 6).

ونفس هذه المراحل تتكرر من دائرة إشعال الوجه B والوجه C، حيث إن (الموجة 6/B) تمثل نبضات إشعال ثايرستورات الوجه B أما (الموجة 6/C) فتمثل نبضات إشعال الوجه C، علماً بأن نبضات إشعال الوجه A (الموجة 6) ونبضات إشعال الوجه B (الموجة 6/B) ونبضات إشعال الموجة C (الموجة 6/C) مرسومة عندما كانت زاوية الإشعال α تساوى 60° .

ويلاحظ أن نبضات إشعال الوجه B متأخرة 120° عن نبضات إشعال الوجه A وكذلك فإن نبضات إشعال الوجه C متأخرة 120° عن نبضات إشعال الوجه B.

أما الجهود V_A, V_B, V_C فهي جهود الأوجه الثلاثة للمحرك.

والجدير بالذكر أنه في حالة ترياكات بدلاً من ثايرستورات القدرة تستخدم محولات نبضات بملف ثانوى واحد.

ويمكن تحويل نظام التحكم الذى نحن بصددة إلى حلقة مغلقة وذلك باستخدام أحد المنظمات الآتية (PID أو PI أو P) بنفس الطريقة المتبعة فى الدائرة رقم 1 الفقرة (٢/٤).

ولضبط هذه الدائرة يجب التأكد من أن القيمة العظمى للجهد الخارج من المكبر C تساوى القيمة العظمى لجهد التحكم E_C ويتم التحكم فى القيمة العظمى لخرج المكبر C بواسطة المقاومة المتغيرة R_4 ومجزىء الجهد R_6 .

٥ / ٢ - التحكم فى سرعة محرك استنتاجى بتغيير الجهد والتردد :

الشكل (٥-٤) يعرض الدائرة الرئيسية لمغير جهد وتردد بعاكس بست خطوات بثلاثة فى حالة وصل، وهو يتكون من:

١ - قنطرة توحيد لتوحيد التيار المتردد الثلاثى الوجه إلى تيار مستمر، وهى مؤلفة من 6 ثنائيات سليكونية $CR_6 - CR_1$.

٢ - مقطع Chopper يتألف من ترانزستور Mosfet Q_7 ، ويتم التحكم فيه بمبدأ PWM للتحكم فى القيمة المتوسطة للجهد المستمر.

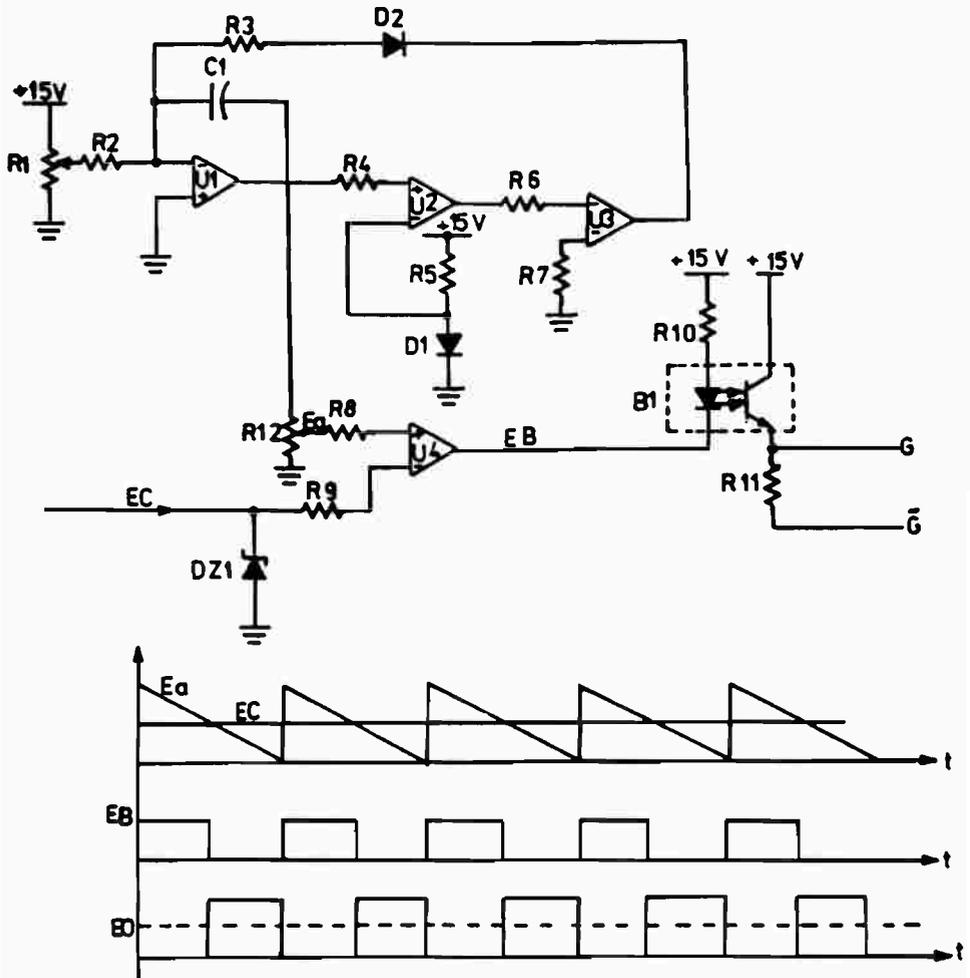
٣ - عاكس Inverter يتألف من 6 ترانزستورات Mosfet وهم $(Q_1 - Q_6)$ يعمل على تحويل التيار المستمر لتيار متردد بحيث تكون النسبة بين $\left(\frac{\text{الجهد}}{\text{التردد}} \right)$ ثابتة ومساوية $\left(\frac{380}{50} = 7.6 \right)$ ، وذلك بمبدأ العاكس ذى الست خطوات بثلاثة ترانزستورات فى حالة وصل.

والجدول (٥-١) يبين تتابع التشغيل للترانزستورات $Q_1 - Q_6$ فى الخطوات الست للعاكس، علماً بأن 1 تعنى الترانزستور فى حالة وصل، أما 0 فتعنى أن الترانزستور فى حالة فصل.

الجدول (١-٥)

الخطوة الترانسستور	1	2	3	4	5	6
Q_1	1	1	1	0	0	0
Q_2	0	0	0	1	1	1
Q_3	0	0	1	1	1	0
Q_4	1	1	0	0	0	1
Q_5	1	0	0	0	1	1
Q_6	0	1	1	1	0	0

والشكل (٥-٥) يعرض دائرة التحكم فى المقطع Chopper وكذلك شكل نبضات الجهد عند النقاط المختلفة لدائرة التحكم فى المقطع.



الشكل (٥-٥)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_7	مجزئ جهد $10K\Omega$	R_1
مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_8	مقاومة كربونية $200K\Omega$	R_2
مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_9	مقاومة كربونية $2.2K\Omega$	R_3
مقاومة كربونية $1.2K\Omega$	R_{10}	مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_4
مقاومة كربونية $1K\Omega$	R_{11}	مجزئ جهد $10K\Omega$	R_5
		مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_6

مكثف كيميائي $0.005 \mu F$ وجهده $16V$	C_1
ثنائيات سليكونية طراز 1N 34A	D_1, D_2
ثنائي زينر ملراز 1N 751A	DZ_1
مكبرات عمليات طراز 741	$U_1 - U_4$
وحدة ارتباط ضوئية طراز CNY 173Z	B_1

نظرية التشغيل :

يمكن تقسم أداء هذه الدوائر لثلاث مراحل، وهي كما يلي :

١- توليد موجات مثلثة Ramp بواسطة المكبرات U_3, U_2, U_1 علماً بأنه يمكن التحكم في ترددها بواسطة C_1, R_2 وكذلك الجهد الداخلى من المجزئ R_1 (الموجة E_a).

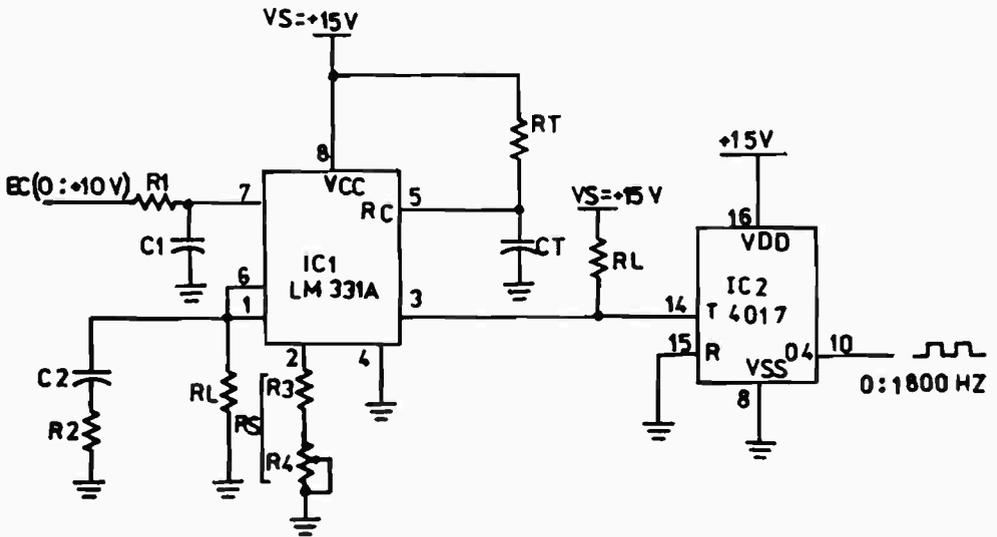
٢- مقارنة النبضات المثلثة بجهد التحكم E_C القادم من المنظم PID للحلقة المغلقة (الموجة E_b) وذلك بواسطة المقارن U_4 .

٣- قيام خرج المقارن U_4 بالتحكم في وحدة الارتباط الضوئي B_1 ، فعندما يكون جهد الخرج للمقارن U_4 صفراً يتحول الترانزستور الضوئي لوحدة الارتباط الضوئي لحالة الوصل فيتشكل جهد علي أطراف المقاومة R_{11} ، ويصل جهد بين بوابة ومصدر MOS_7 فيتحول لحالة الوصل. وعندما يصبح جهد خرج المقارن U_4 مشبهاً موجباً ($+ V_{sat}$) يتحول الترانزستور الضوئي لوحدة الارتباط الضوئي

B_1 لحالة القطع فينعدم الجهد علي أطراف المقاومة R_{11} ، ويتحول Q_1 لحالة القطع (الموجة E_0).

والجددير بالذكر أنه كلما ازداد جهد التحكم E_C ازداد عرض الموجة المربعة الخارجة من U_4 ازداد الجهد المتوسط الخارج من المقطع، ويقوم ثنائي الزينر DZ_1 بمنع جهد التحكم من تعدي جهد الزينر له وهو $+5V$.

ويتم التحكم في خرج العاكس Inverter باستخدام دائرة تسمى VCO أي مذبذب تردده يعتمد علي جهد التحكم E_C القادم من المنظم PID للحلقة المغلقة، والشكل (٥-٦) يعرض دائرة VCO.



الشكل (٥-٦)

عناصر الدائرة:

R_T	مقاومة كربونية $6.91k\Omega$ بتفاوت 1%	R_1	مقاومة كربونية $100K\Omega$
R_L	مقاومة كربونية $100K\Omega$	R_2	مقاومة كربونية $47K\Omega$
R_S	تساوي مجموع (R_3+R_4)	R_3	مقاومة كربونية $10K\Omega$
	وتضبط لتساوي $13.024K\Omega$	R_4	مقاومة متغيرة $5K\Omega$

- C_1 مكثف كيميائي سعته $0.1\mu F$ وجهده $16V$.
- C_T مكثف كيميائي سعته $0.01\mu F$ وجهده $16V$ بتفاوت 5% .
- C_2 مكثف كيميائي سعته $1.0\mu F$ وجهده $16V$.
- IC_1 مكبر عمليات طراز LM 331A .
- IC_2 عداد عشري طراز 4017 .

نظرية تشغيل VCO :

يكون تردد الموجات المربعة الخارجة من الدائرة المتكاملة IC_1 طراز LM 331A مساوياً :

$$F = \frac{0.478}{R_T C_T} \frac{R_S}{R_L} E_C$$

ف عند ضبط R_S لتساوي $13.024k\Omega$ حينئذ فإن :

$$F = 9000 E_C.$$

أي أن تتراوح ما بين $0:10V$ ؛ لذلك فإن التردد يتراوح ما بين :

$$F = (0:900 \text{ HZ})$$

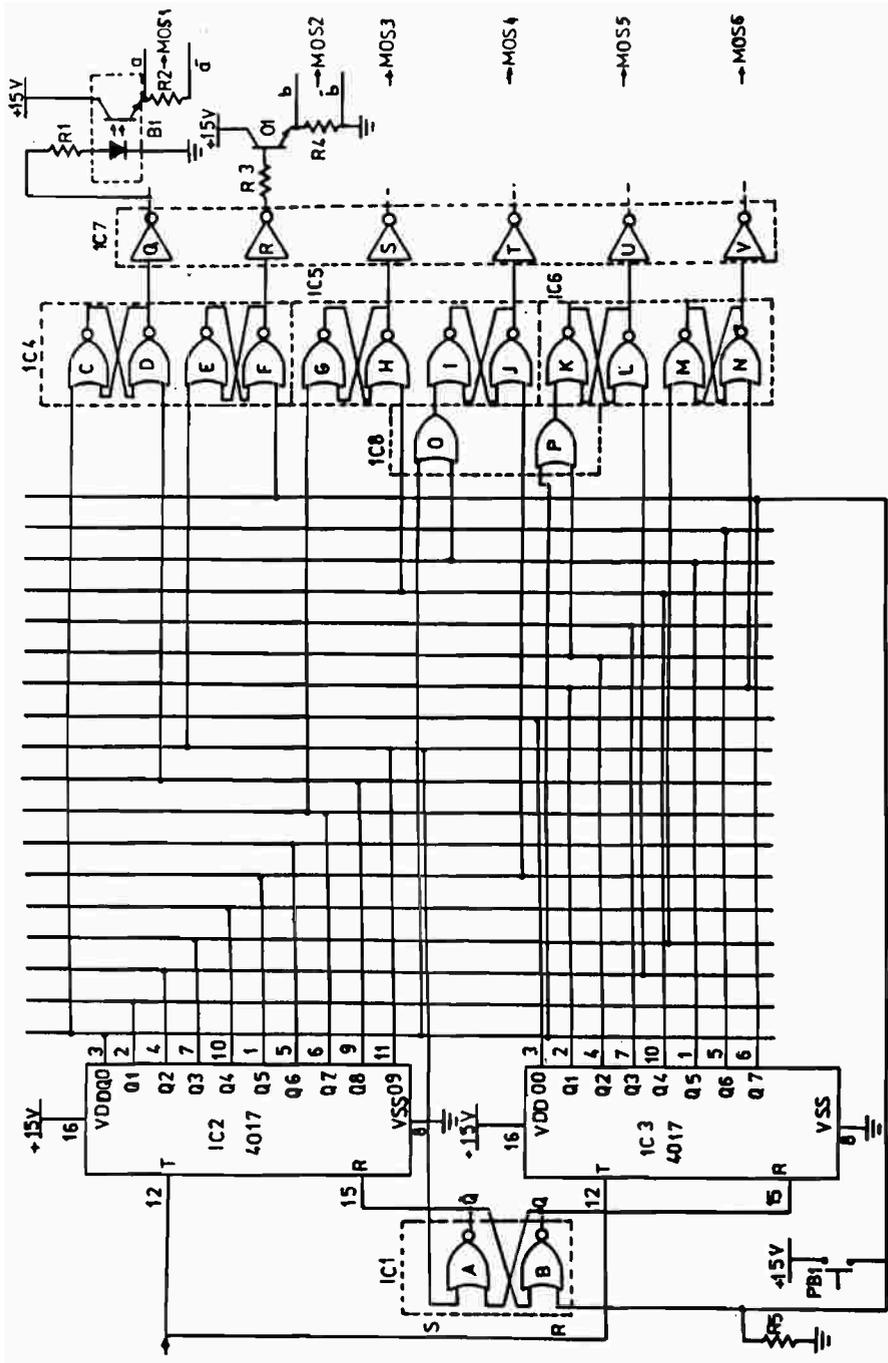
فإذا أردنا أن يكون تردد المحرك يتراوح بين $0:100\text{HZ}$ ؛ فإن التردد الذي نحتاجه في هذه الحالة يجب أن يكون ما بين $0:1800\text{HZ}$ ، والسبب ستعرفه فيما بعد، وباستخدام عداد 4017 لتقسيم خرج الدائرة المتكاملة LM331A على 5 نحصل على تردد يتراوح ما بين $(0:1800\text{HZ})$ والذي يدخل على دائرة الإشعال المبينة بالشكل (٥ - ٧) .

عناصر دائرة إشعال العاكس :

$1K\Omega$	مقاومة كربونية	R_4	$1.2K\Omega$	مقاومة كربونية	R_1
$10K\Omega$	مقاومة كربونية	R_5	$1K\Omega$	مقاومة كربونية	R_2
			$3K\Omega$	مقاومة كربونية	R_3

دائرة متكاملة تحتوي علي أربع بوابات NOR طراز 4001 .	IC ₁
دائرة متكاملة لعداد عشري طراز 4017 .	IC ₂ , IC ₃
دوائر متكاملة تحتوي علي أربع بوابات NOR طراز 4001 .	IC ₄ - IC ₆
دائرة متكاملة تحتوي علي ست عواكس طراز 4050 .	IC ₇
دائرة متكاملة تحتوي علي ست بوابات OR طراز 4071 .	IC ₈
ثلاث وحدات ارتباط ضوئية طراز CNY173Z .	B ₁
ثلاثة ترانزستورات NPN طراز 2N2222 .	Q ₁
ضاغط بريشة مفتوحة .	PB ₁

علماً بأنه يجب مضاعفة المقاومات ثلاث مرات .



الشكل (٥-٧)

نظرية تشغيل دائرة إشعال العاكس :

في بداية التشغيل يتم الضغط على الضاغط PB_1 فيحدث تحرير للقلاب المؤلف من البواتين A , B ، وبالتالي تصل إشارة عالية مدخل تحرير العداد IC_3 ، فيبدأ العداد IC_2 ، في العد وصولاً للنبضة العاشرة، فتصل نبضة عالية من المخرج Q_8 للعداد IC_2 لمدخل الإمساك للقلاب المؤلف من البواتين A , B فيحدث تحرير للعداد IC_2 ، في حين يبدأ العداد IC_3 في العد وعند النبضة الثامنة عشر تصل نبضة عالية من المخرج Q_8 للعداد IC_3 إلى مدخل الإمساك للقلاب من البواتين A , B فيحدث تحرير للعداد IC_3 وتبدأ دورة التشغيل من جديد .

والجدير بالذكر أننا سنعتبر كل نبضة تقابل 20° من دورات خرج العاكس Inverter . والجدول (٥-٢) يبين العلاقة بين رقم النبضة والزوايا المقابلة وحالة ترانزستورات العاكس .

الجدول (٥-٢)

رقم النجفة	الزريبة المقابلة	الترانسستور
1	0 : 20	MOS ₁
2	20 : 40	MOS ₁
3	40 : 60	MOS ₁
4	60 : 80	MOS ₁
5	80 : 100	MOS ₁
6	100 : 120	MOS ₁
7	120 : 140	MOS ₁
8	140 : 160	MOS ₁
9	160 : 180	MOS ₁
10	180 : 200	MOS ₁
11	200 : 220	MOS ₁
12	220 : 240	MOS ₁
13	240 : 260	MOS ₁
14	260 : 280	MOS ₁
15	280 : 300	MOS ₁
16	300 : 320	MOS ₁
17	320 : 340	MOS ₁
18	340 : 360	MOS ₁
MOS ₂	0	MOS ₂
MOS ₃	0	MOS ₃
MOS ₄	1	MOS ₄
MOS ₅	1	MOS ₅
MOS ₆	0	MOS ₆

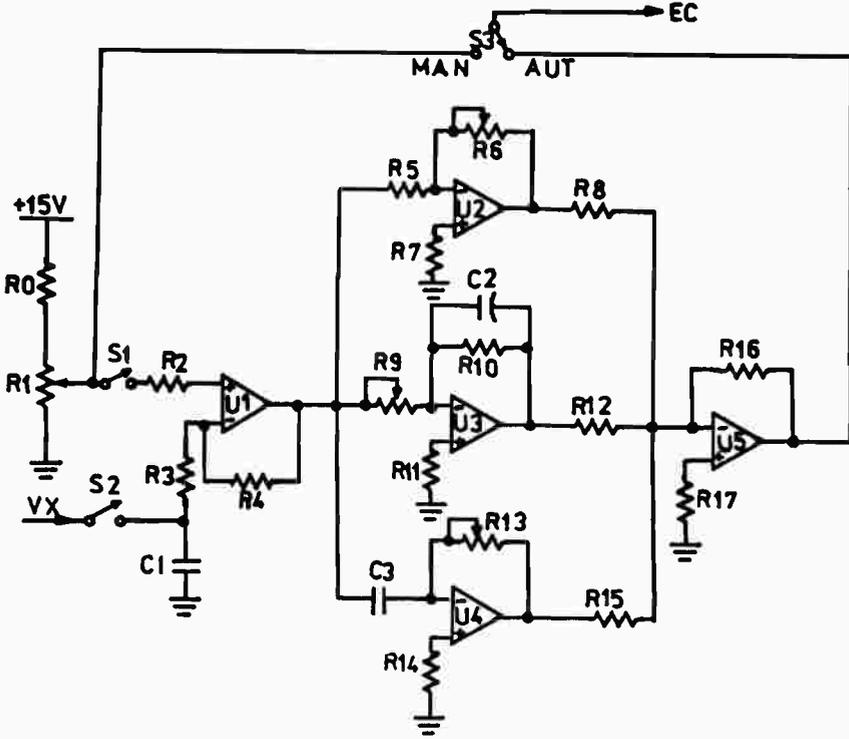
وحيث إن كل نبضة تقابل 20° ، أى أن الدورة الكاملة سوف تحتاج إلى عدد نبضات يساوى $18 = \frac{360}{20}$. وللحصول على تردد يساوى 100 HZ نحتاج لنبضات خارجة من VCO ترددها يساوى $1800 \text{ HZ} = 18 \times 100$. وهذا هو السبب فى اختيار تردد النبضات الخارجة من VCO يتراوح ما بين (0 : 1800 HZ) .
والجدير بالذكر أن دائرة الإشعال ما هى إلا تحقيق للجدول (٥-٢) .

فمثلاً يخصص القلاب المؤلف من البوابتين D , C والعاكس Q (لرفع مستوى التيار المتاح) ووحدة العزل B_1 وذلك للتحكم فى الترانزستور MOS_1 ، حيث يحدث إمساك للقلاب عند النبضة الأولى ($0 : 20^\circ$) ويحدث تحرير للقلاب عند النبضة التاسعة ($160^\circ : 180^\circ$) ، وهذه هى الفترة التى يعمل فيها هذا الترانزستور فى حين يخصص القلاب المؤلف من البوابتين E , F والعاكس R والترانزستور Q_1 فى التحكم فى الترانزستور MOS_2 ، فعند النبضة العاشرة ($180^\circ : 200^\circ$) يحدث إمساك للقلاب ، فى حين يحدث تحرير للقلاب عند النبضة الثامنة عشرة ($340^\circ : 360^\circ$) ، وهذه هى الفترة التى يعمل فيها الترانزستور MOS_2 .

والجدير بالذكر أنه يستخدم وحدات ارتباط ضوئية مع كل من MOS_1 , MOS_3 , MOS_5 لمنع حدوث قصر بين النقاط \bar{A} , \bar{C} , \bar{E} فى الدائرة الرئيسية للعاكس (الشكل ٥-٤) أثناء إشعال أكثر من ترانزستور فى آن واحد ، فى حين لا تستخدم وحدات ارتباط ضوئية مع كل من MOS_2 , MOS_4 , MOS_6 لأنه يوجد قصر طبيعى بين \bar{B} , \bar{D} , \bar{F} فى الدائرة الرئيسية (الشكل ٥-٤) .

ويلاحظ من الجدول (٥-٢) أن عملية وصل وفصل الترانزستورات المتتامة لا تحدث فى لحظة واحدة ولكن بعد تأخير مقداره 20° . على سبيل المثال : يتم فصل الترانزستور MOS_1 عند النبضة التاسعة ، ويتم وصل الترانزستور MOS_2 عند النبضة العاشرة ، أى أنه فى النبضة التاسعة تكون كلا من MOS_1 , MOS_2 فى حالة فصل ، وبالتالي نتجنب القصر اللحظى الذى يمكن أن يحدث من وصل وفصل الترانزستورين MOS_1 , MOS_2 ، وبالمثل يحدث مع الترانزستورين MOS_3 , MOS_4 ، وكذلك مع الترانزستورين MOS_5 , MOS_6 .

والشكل (٨-٥) يبين دائرة منظم تناسبي تكاملي تفاضلي PID



الشكل (٨-٥)

عناصر دائرة المنظم التناسبي التكاملي التفاضلي:

$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_7	$5K\Omega$ مقاومة كربونية R_0
$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_8	$10K\Omega$ مجزئ جهد R_1
$10K\Omega$ مقاومة متغيرة R_9	$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_2
$2M\Omega$ مقاومة كربونية R_{10}	$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_3
$100K\Omega$ مقاومة كربونية R_{11}	$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_4
$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_{12}	$10K\Omega$ مقاومة كربونية R_5
$100K\Omega$ مقاومة متغيرة R_{13}	$100K\Omega$ مقاومة متغيرة R_6

R_{16} مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_{14} مقاومة كربونية $100K\Omega$
R_{17} مقاومة كربونية $2.5K\Omega$	R_{15} مقاومة كربونية $10K\Omega$

C_1 مكثف سعته $10\mu F$

C_2 مكثف كيميائي سعته $0.47\mu F$ وجهده $25V$

C_3 مكثف كيميائي سعته $0.47\mu F$ وجهده $25V$

S_1 مفتاح قطب واحد سكة واحدة

S_2 مفتاح قطب واحد سكة واحدة

S_3 مفتاح قطب واحد سكتين

$U_1 - U_5$ مكبرات عمليات طراز 741

نظرية تشغيل المنظم PID :

عند وضع المفتاح S_3 على وضع Man وفتح كل من S_1, S_2 نحصل على نظام تحكم بحلقة مفتوحة. وعند وضع المفتاح S_3 على وضع Aut وغلق كل من S_1, S_2 نحصل على نظام تحكم بحلقة مغلقة للتحكم في سرعة المحرك الاستنتاجي الثلاثي الوجه.

ويعمل U_1 كمكبر فرقى خرجه يساوى :

$$VO_1 = (V_w - V_x)$$

حيث إن :

V_w جهد المرجع ونحصل عليه من مجزئء الجهد R_1 .

V_x جهد التغذية المرتدة ونحصل عليه من الطرف الموجب لمولد تاكو

مثبت على عمود إدارة المحرك الاستنتاجي، له خرج يتراوح ما بين $0 : 10V$:

يقابل سرعات تتراوح ما بين $(0 : 2900)$.

ويعمل U_2 كمنظم تناسبى ثابتة يساوى :

$$K_p = \frac{R_6}{10000}$$

ويعمل U_3 كمنظم تكاملي وثابته يساوى :

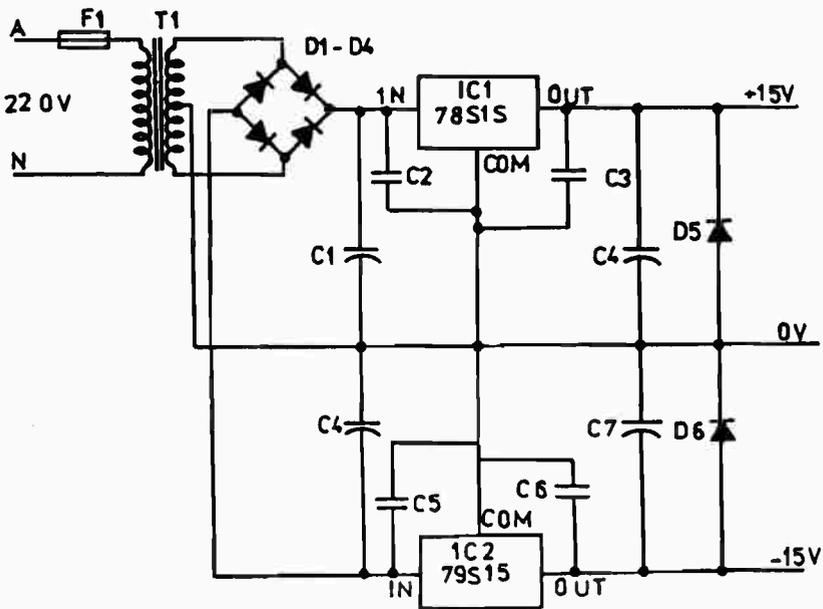
$$K_I = R_9 C_2$$

ويعمل U_4 كمنظم تفاضلى وثابته يساوى :

$$K_D = R_{13} C_3$$

ويعمل U_5 كجامع عاكس يجمع خرج المنظمات الثلاثة، وخرج هذا الجامع العاكس يمثل جهد التحكم فى كل من V_{CO} المبين بالشكل (٥-٦)، وكذلك المقطع Chopper المبين بالشكل (٥-٥).

والشكل (٥-٩) يبين مصدر القدرة المزدوج، وله الجهود الآتية (+ 15V, 0, - 15V) وسعته 24 VA.



الشكل (٥-٩)

عناصر دائرة مصدر القدرة المزودج :

محول خفض 220/12V وسعته $24 V_A$	T_1
منظم جهد ثلاثى الأرجل طراز S15 78	IC_1
منظم جهد ثلاثى الأرجل طراز S15 79	IC_2
مكثف كيميائى سعته $2200 \mu F$ وجهده 25V	C_1
مكثفات بوليستير سعتهها 100nF	C_2, C_3, C_5, C_6
مكثفات كيميائية سعتهها $10 \mu F$ وجهدها 25V	C_4, C_7
ثنائيات سليكونية طراز 1N 5400	$D_1 - D_6$
مصهر حماية بطيء تياره 1A	F_1

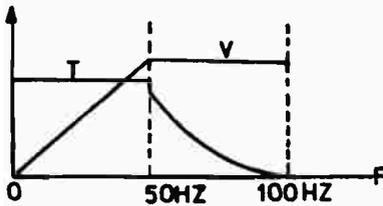
ملاحظات :

١ - يتراوح جهد المرجع V_w وجهد مولد التاكو V_x ما بين 0 : 10V ، وهو يقابل سرعة محرك تتراوح ما بين 0 : 2900 RPM .

٢ - يتم ضبط الجهد الداخلى للمدخل الغير عاكس للمكبر U_4 فى دائرة المقطع الشكل (٥-٥) ، بحيث يتراوح ما بين 0 : 5V وذلك بواسطة مجزئ الجهد R_{12} .

٣ - جهد التحكم E_C يتراوح ما بين 0 : 10V فعندما يكون اقل من 5V فإن النسبة بين $\frac{\text{الجهد}}{\text{التردد}} = \frac{380}{50}$ وذلك بالنسبة لخرج العاكس ، وعندما يكون جهد التحكم E_C اكبر من 5V فإن الجهد يثبت ليساوى 380V ، فى حين أن التردد يزداد بحيث يتراوح ما بين 50 : 100 HZ عندما يكون جهد التحكم يتراوح ما

بين 5 : 10V ، وبذلك نحصل على خواص تشبه خواص محركات التيار المستمر والمبينة بالشكل (٥-١٠) .



الشكل (٥-١٠)

٤ - يتم تعيين ثوابت المنظم التناسبى التكاملى التفاضلى K_P, K_I, K_D ،

وذلك بتعيين ثوابت المحرك، ثم استخدام قواعد شن وهرونس وريسوك المشروحة فى الدائرة رقم 1 فى الفقرة (٤ / ٢)، ثم يتم ضبط الثوابت K_P , K_I , K_D بواسطة المقاومات المتغيرة R_6 , R_9 , R_{13} فى دائرة المنظم PID (الشكل ٥-٨) للحصول على تشغيل متزن .

٥ - - يتم اختيار $MOS_1 - MOS_7$ تبعاً لقدرة المحرك الاستنتاجى .

٥ / ٣ - التحكم فى جهد أطراف مولد تزامنى :

الشكل (٥-١١) يعرض دائرة منظم جهد مولد تزامنى A_{VR} جهد أطرافه 380V، حيث يتم التحكم فى جهد الأطراف بالتحكم فى جهد المجال Field .

عناصر الدائرة :

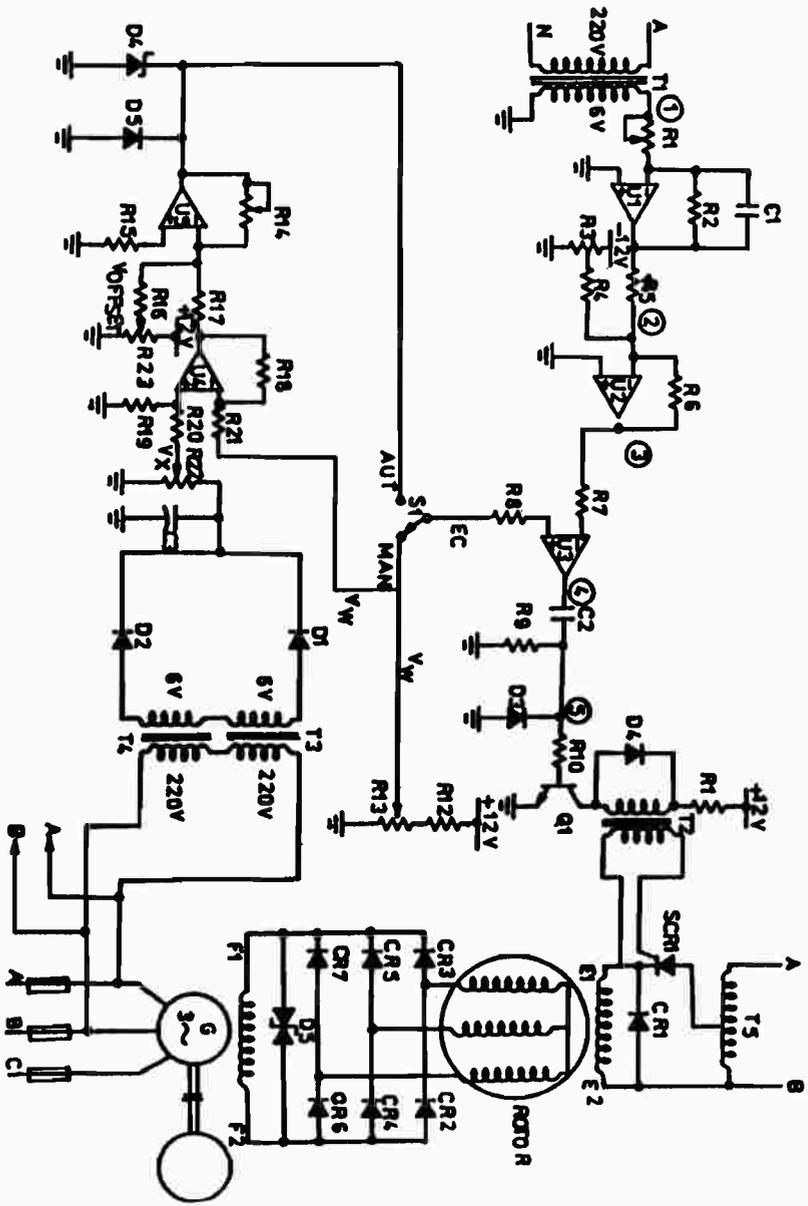
R_1 مقاومة متغيرة $100K\Omega$	R_{13} مجزئ جهد $6K\Omega$
R_2 مقاومة كربونية $100K\Omega$	R_{14} مقاومة متغيرة $100K\Omega$
R_3 مجزئ جهد $10K\Omega$	R_{15} مقاومة كربونية $4.7K\Omega$
R_4 مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_{16} مقاومة كربونية $10K\Omega$
R_5 مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_{17} مقاومة كربونية $10K\Omega$
R_6 مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_{18} مقاومة كربونية $10M\Omega$
R_7 مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_{19} مقاومة كربونية $10K\Omega$
R_8 مقاومة كربونية $10K\Omega$	R_{20} مقاومة كربونية $10K\Omega$
R_9 مقاومة كربونية $2.7K\Omega$	R_{21} مقاومة كربونية $1K\Omega$
R_{10} مقاومة كربونية $6.8K\Omega$	R_{22} مقاومة كربونية $10K\Omega$
R_{11} مقاومة كربونية $2\Omega, 2W$	R_{23} مقاومة متغيرة $10K\Omega$
R_{12} مقاومة كربونية $6K\Omega$	

C_1 مكثف كيميائى سعته $0.12 \mu F$ وجهده 16V

C_2 مكثف كيميائى سعته $0.1 \mu F$ وجهده 16V

C_3 مكثف كيميائى سعته $1000 \mu F$ وجهده 16V

ثنائيات سليكونية طراز 1N 4001	D_1, D_2, D_3
ثنائي سليكوني طراز 1N 4001	D_3
ثنائي زينر جهده 8V	D_4
مكبرات عمليات 741	$U_1 - U_5$
ترانزستور NPN طراز BC108B	Q_1
محولات خفض 220/6V سعتها 15VA	T_1, T_3, T_4
محولات نبضات بنسبة 1 : 1	T_2
محول ذاتي جهده دخله 220V	T_5

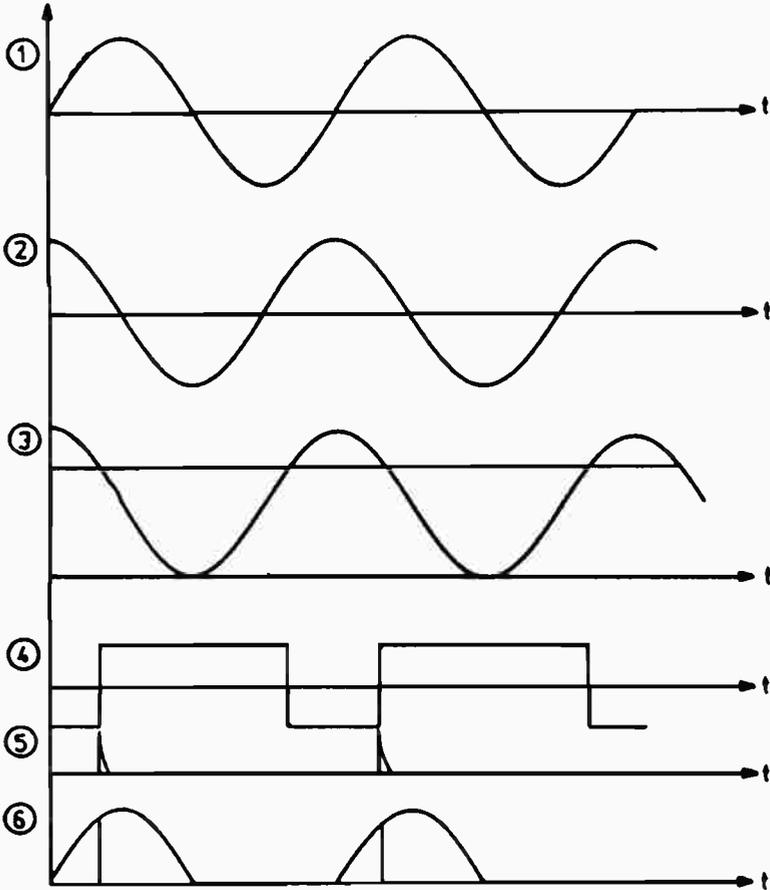


الآلة الكهربائية

الشكل (11-0)

نظرية التشغيل :

لاستيعاب نظرية تشغيل نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة والذي يسمى AVR ، سنستعين بموجات الجهد عند النقاط المختلفة لدائرة AVR ، والمبينة بالشكل (١٢-٥) .



الشكل (١٢-٥)

ويمكن تقسيم أداء هذه الدائرة لعدة مراحل كما يلي :

- ١ - يقوم المحول T_1 بخفض جهد أطراف المولد التزامنى A, N من 220/6V (الموجة 1) .
- ٢ - ويقوم المكامل U_1 بمكاملة الجهد الثانوى للمحول T_1 (الموجة 2) .
- ٣ - يقوم الجامع العاكس المؤلف من U_2 بإزالة المركبة السالبة من خرج المكامل، وذلك بالاستعانة بمجزىء الجهد R_3 (الموجة 3) .
- ٤ - يقوم المقارن المؤلف من U_3 بمقارنة خرج المكبر U_2 مع جهد التحكم E_C القادم من المنظم (الموجة 4) .
- ٥ - مفاضلة خرج المقارن U_3 بواسطة الدائرة التفاضلية المؤلفة من C_2/R_9 ، وإزالة المركبة السالبة بواسطة D_3 (الموجة 5) ، وتصل نبضات إشعال الثايرستور SCR_1 من خلال الترانزستور Q_1 ومحول النبضات T_2 ، أما (الموجة 6) فتمثل موجة الجهد على أطراف ملف المحج ، لمولد المثير Exiter .
- والجدير بالذكر أن المحول الذاتى T_5 يضبط بحيث تكون القيمة الفعالة لجهد الثانوى مساوية 3.14 مرة من الجهد المقنن لمجال مولد المثير، كما أن الثنائى CR_1 يعمل كثنائى حدافة يسمح بإمرار تيار كهربى فى مجال مولد المثير Exiter عند وصول جهد أطراف مجال المولد المثير للصفر .
- ٦ - يمكن التحكم فى جهد أطراف المولد إما يدوياً أو أوماتيكياً، فعند وضع المفتاح S_1 على وضع Man ، فإنه يمكن ضبط جهد أطراف المولد يدوياً بضبط جهد المرجع الذى نحصل عليه من مجزىء الجهد R_{13} .
- أما عند وضع S_1 على وضع Aut فإن عملية ضبط جهد أطراف المولد تتم أوماتيكياً، حيث إن جهد أطراف المولد A , B يتم خفضه بواسطة كل من T_3, T_4 ، ويتم توحيد الخرج الثانوى للمحولين T_3, T_4 بواسطة الثنائيات D_2, D_3 ، وتنعيم الخرج بواسطة C_3 ، وضبط الخرج بواسطة مجزىء الجهد R_{22} . وتمثل العناصر التالية محول جهد خرج المولد لإشارة جهد صغيرة $R_{22}, C_3, D_2, D_3, T_4, T_3$.
- ٧ - يقوم المكبر الفرقى U_4 بطرح جهد التغذية المرتدة V_X من جهد المرجع V_W للحصول على جهد إشارة الخطأ .
- ٨ - يقوم المنظم التناسبى المؤلف من المكبر U_5 بجمع إشارة الخطأ على جهد Offset

وتكبير ناتج الجمع، فمثلاً:

لنفرض أن ثابت محول الجهد Voltage Transducer والمؤلف من R_{22} , T_3, T_4, D_1, D_2, C_3 يساوي 76 V/V وكان جهد المرجع V_w يساوي 5 V .

في حين تم ضبط Voffset مساوية 0.4 V بواسطة المقاومة المتغيرة R_{23} ، وكذلك تم ضبط K_p يساوي 10 بواسطة المقاومة المتغيرة R_{14} ، فعندما يكون جهد أطراف المولد الرئيس مساوياً 304 V فإن جهد الإشارة المرتدة من محول الجهد يساوي:

$$V_x = \frac{304}{76} = 4 \text{ V}$$

وبالتالي يكون خرج U_4 مساوياً:

$$V_e = V_x - V_w$$

$$= 4 - 5 = -1 \text{ V}$$

ويكون خرج المكبر U_5 مساوياً:

$$E_c = -K_p (V_{\text{offset}} + V_e)$$

$$= -10 (0.4 - 1)$$

$$= 6 \text{ V}$$

ملاحظات:

- ١ - يعمل ثنائي الزينر D_4 على منع خرج المنظم التناسبي أن يتجاوز 6 V .
- ٢ - يعمل الثنائي السليكوني D_5 على جعل خرج المنظم التناسبي يقترب من 0 V عندما يصبح U_5 مشبهاً سالباً.
- ٣ - يتم ضبط مجزئ الجهد R_{22} بحيث يصبح V_x مساوياً 5 V عندما يكون جهد الخط للمولد الرئيس 380 V .
- ٤ - يتم ضبط ثابت المنظم التناسبي K_p بواسطة المقاومة المتغيرة R_{14} ، ويتم ضبط

جهد Offset بواسطة مجزىء الجهد R_{23} .

٥ - يتم توحيد خرج المولد المثير Exiter بواسطة ثنائيات دوارة Rotating Diodes مثبتة على عمود الدوران للمولد الرئيس، ويتم حماية مجال المولد الرئيسى F_1, F_2 من ارتفاع الجهد عن حدود غير مقبولة بواسطة الثايركتور، والذي يعمل كثنائىي زينر موصلين وجهاً لوجه .

٦ - يتم ضبط القيمة العظمى للجهد الخارج من المكبر U_2 لتساوى $11V$ بواسطة المقاومة المتغيرة R_1 .

٧ - يتم ضبط الجهد الثانوى للمحول الذاتى T_5 بحيث يساوى القيمة العظمى لجهد ملف مجال المولد المثير Exiter .

٨ - يمكن تعيين ثابت التناسب K_p للمنظم بتعيين ثوابت المولد، وذلك بوضع المفتاح S_1 على وضع Man بعد ضبط جهد المرجع V_w بواسطة R_{13} عند جهد $5V$ مثلاً، وتسجيل العلاقة بين V_x والقادمة من مجزىء الجهد R_{22} وجهد المرجع V_w باستخدام Plotter، ثم استخدام قواعد شن وهرونس ورسوك بنفس الطريقة المتبعة فى الدائرة رقم 1 فى الفقرة (٤ / ٢) لتعين ثابت المنظم التناسبى K_p .

٨ - يتميز مولد الإثارة Exiter بأنه يمتلك خاصية الرجوعية Hystresis فى ملف مجاله، وذلك من أجل إمكانية بناء الجهد على أطراف المولد عند بدء التشغيل .