

الباب الرابع

مثبتات الجهد المتردد

A.C Voltage Stabilizers

مثبتات الجهد المتردد A.C Voltage Stabilizers

٤ / ١ - مقدمة :

إن انخفاض الجهد المتردد أو زيادته له تأثير بالغ الخطورة على الأجهزة الكهربائية والالكترونية . فعادة يكون الجهد المتردد فى المنازل المجاورة لمحولات التوزيع بالمناطق السكنية اكبر من المقنن، فى حين يكون الجهد فى المنازل البعيدة عن محولات التوزيع اقل من المقنن؛ علماً بان الجهد قد يتغير بين لحظة وأخرى تبعاً لاحمال الشبكة . وهذا يعنى أنه إذا كان الجهد المقنن 220V فإنه قد يحدث أحياناً أن يرتفع الجهد فى بعض المناطق ليصل إلى 270V فى حين أنه قد ينخفض فى بعض المناطق ليصل إلى 160V . ولذلك ينصح باستخدام مثبتات جهد للأجهزة التى قد تتعرض لهذه الظروف .

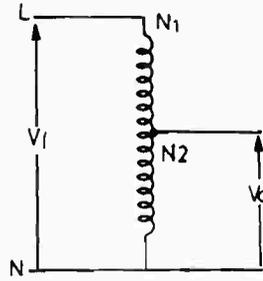
ويوجد نوعان من مثبتات الجهد المتردد وهما :

١ - مثبتات الجهد اليدوية .

٢ - مثبتات الجهد الأتوماتيكية .

ويعتبر العنصر الأساسى فى مثبتات الجهد هى المحولات الذاتية .
والشكل (٤ - ١) يعرض محولاً ذاتياً ويلاحظ أن للمحول ملفاً واحداً .
وتكون النسبة بين جهد الدخل V_{in} لجهد الخرج V_{out} مساوية

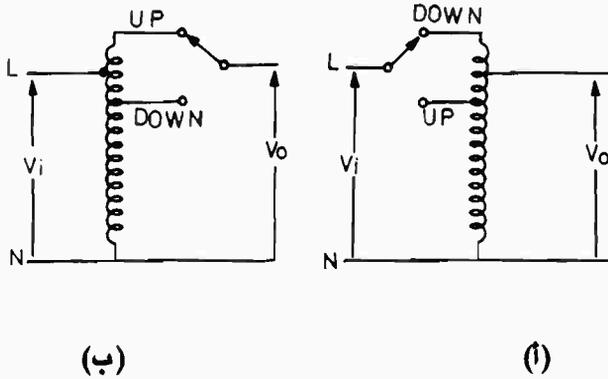
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{N_2}{N_1}$$



الشكل (٤ - ١)

٢ / ٤ - مثبتات الجهد اليدوية :

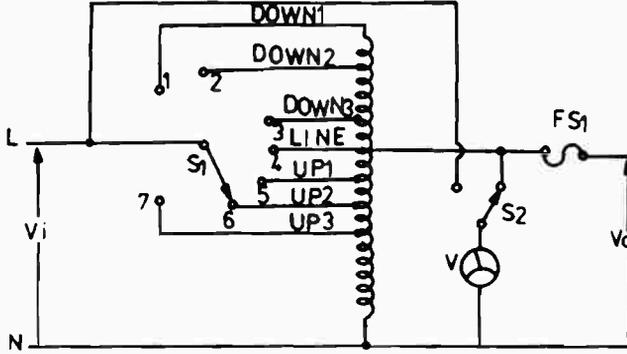
يتكون مثبت الجهد اليدوي من محول ذاتي له نقاط تفرع مختلفة، إما في الجانب الابتدائي، أو في الجانب الثانوي لتغيير نسبة التحويل للمحول. والشكل (٤-٢) يعرض مثبت جهد يدوي بنقطتي تفرع في الجانب الابتدائي الشكل (أ)، ومثبت جهد يدوي بنقطتي تفرع في الجانب الثانوي الشكل (ب).



الشكل (٤ - ٢)

فعند وضع المفتاح S1 على وضع up يزداد جهد الدخل لقيمة تساوي 30V في العادة. وعند وضع المفتاح S1 على وضع down يقل جهد الدخل بمقدار 30V تقريباً.

كما أنه يمكن استخدام محول ذاتى بنقاط تفرع متعددة كما بالشكل (٣ - ٤).



الشكل (٣ - ٤)

فعند وضع المفتاح S_1 على الوضع $DOWN_3$: $DOWN_1$ ينخفض جهد الخرج، وعند وضع المفتاح S_1 على الوضع $LINE$ فإنه لا يتغير جهد الخرج، أما إذا وضع المفتاح S_1 على أحد الأوضاع UP_1 : UP_3 يزداد جهد الخرج ويمكن قياس جهد الدخل V_i أو جهد الخرج V_o بواسطة المفتاح S_2 وجهاز الفولتميتر V .

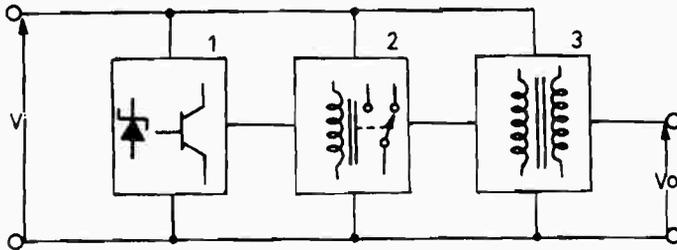
والجدير بالذكر أن استخدام مثبتات الجهد اليدوية تحتاج إلى انتباه كامل، حيث إن التغيير المفاجئ في الجهد قد يؤدي إلى تلف الأجهزة فمثلاً لنفرض أن جهد المصدر كان يساوي $180V$ وقمنا برفع الجهد وصولاً إلى $220V$ ، وأنه فجأة عاد جهد المصدر للقيمة المقننة في هذه الحالة يصبح جهد الخرج حوالي $268V$ ، وهذه الحالة غاية في الخطورة؛ ولذلك ينصح باستخدام مثبتات جهد مزودة بوحدات قطع الكترونية سوف نتناولها فيما بعد بالتفصيل.

٤ / ٣ - مثبتات الجهد الأتوماتيكية :

إن مثبتات الجهد اليدوية التي تناولناها فى الفقرة السابقة تعد رخيصة وبسيطة مقارنة بمثبتات الجهد الأتوماتيكية ولكنها تحتاج إلى انتباه خاص عند استخدامها وذلك بالنظر المستمر على جهاز قياس الجهد (الفولتميتر) لمعرفة جهد الخرج، كما أنه فى حالة حدوث تغيير مفاجئ فى الدخل فإن هذا سيؤدى إلى تلف الأحمال قبل أن نقوم بإعادة الضبط؛ ولذلك فإن مثبتات الجهد الأتوماتيكية تعد هى الأفضل.

وتعمل مثبتات الجهد الأتوماتيكية بنفس فكرة عمل مثبتات الجهد اليدوية ولكن باستخدام ريليهات كهرومغناطيسية.

والشكل (٤ - ٤) يعرض العناصر الأساسية فى مثبتات الجهد الأتوماتيكية.



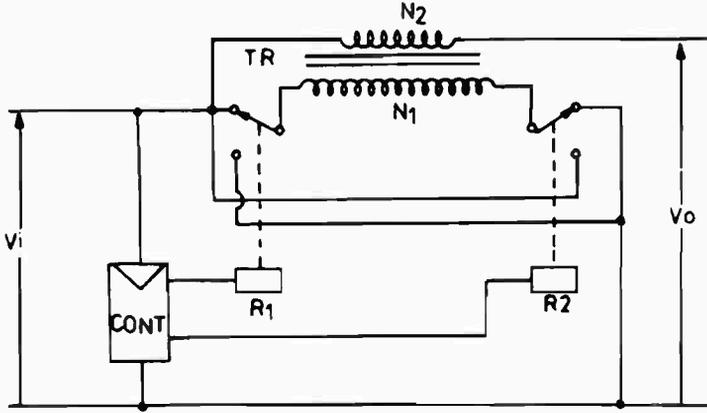
الشكل (٤ - ٤)

حيث إن :

- | | |
|---|------------------------|
| 1 | دائرة إحساس لجهد الدخل |
| 2 | ريليهات الوصل والفصل |
| 3 | محول بنقاط تفرع |

٤ / ٣ / ١ - مثبتات الجهد من نوع Buck - boost

والشكل (٤ - ٥) يعرض مثبت جهد بسيط من نوع Buck - boost



الشكل (٤ - ٥)

عناصر الدائرة:

CONT

وحدة تحكم

R1

ريلاى يعمل على زيادة الجهد

R2

ريلاى يعمل على انخفاض الجهد

TR

محول له نسبة تحويل $\frac{N1}{N2} = \frac{6}{1}$

فعندما يكون جهد الدخل 180V تقوم وحدة التحكم Cont بإرسال إشارة

تشغيل للريلاى R1 فيصبح جهد الخرج مساوياً

$$V_{out} = V_{in} + \frac{V_{in}}{6}$$

$$= 180 + 30 = 210 \text{ V}$$

وعندما يكون جهد الدخل 210V فإن وحدة التحكم تقوم بإرسال إشارة تشغيل

للريلاى R1 فيصبح جهد الخرج مساوياً.

$$V_{out} = V_{in} + \frac{V_{in}}{6}$$

$$= 210 + 35 = 245 \text{ V}$$

وعندما يصبح جهد الخرج مساوياً 246V فإن وحدة التحكم تقوم بإرسال إشارة

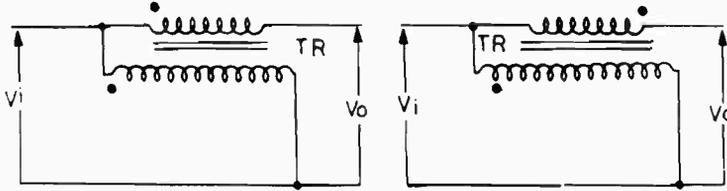
تشغيل للريلاى R2 ليصبح جهد الخرج مساوياً:

$$V_{out} = V_{in} - \frac{V_{in}}{6}$$

$$= 246 - 41 = 206 \text{ V}$$

والجدير بالذكر أن الريلاى R1 يعمل على توصيل الملف الثانوى N2 بطريقة تزيد من جهد الدخل، فى حين أن R2 يعمل على وصل الملف N2 بطريقة تقلل من جهد الدخل.

والشكل (٤ - ٦) يوضح فكرة عمل الدائرة.



ب

أ

الشكل (٤ - ٦)

ففى الشكل (أ) يكون $V_{out} = V_{in} + (V_{in} / 6)$

نتيجة لتمائل قطبية الملف الابتدائى P والثانوى S

وفى الشكل (ب) يكون $V_{out} = V_{in} - (V_{in} / 6)$

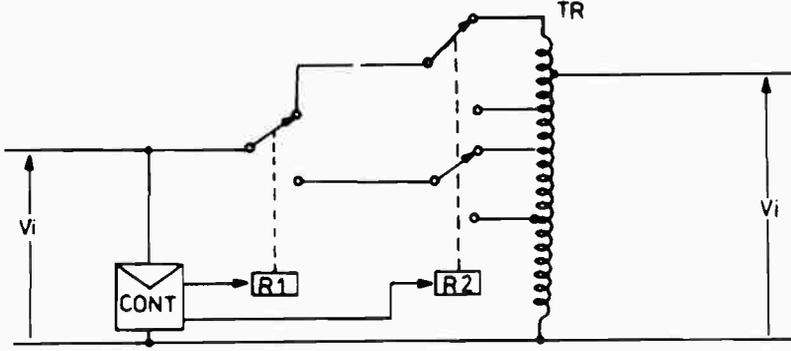
وذلك نتيجة لاختلاف قطبية الملف الابتدائى P والثانوى S

علماً بأنه لا توجد علامات مميزة للملفات المحولات لمعرفة قطبية المحول.

ولكن يمكن معرفتها بالمحاولة.

٤ / ٣ / ٢ - مثبتات الجهد ذات المحولات الذاتية :

الشكل (٤-٧) يعرض المخطط الصندوقي لمثبت جهد بمحول ذاتي .



الشكل (٤ - ٧)

ويتكون من :

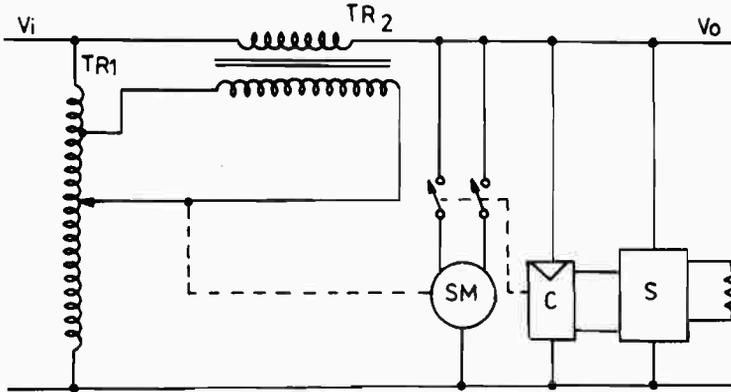
TR	محول ذاتي بعدة نقاط تفرع
CONT	وحدة تحكم إلكترونية
R1 , R2	ريليهات كهرومغناطيسية

حيث تعمل دائرة التحكم الإلكترونية على التحكم في وصل وفصل الريليهات الكهرومغناطيسية . R1 , R2 لثبات جهد أطراف الخرج للمحول وذلك بالتحكم في نسبة تحويل المحول الذاتي .

٤ / ٣ / ٣ - مثبتات الجهد المزودة بمحرك موازر

بدلا من تغيير نقاط التفرع للمحولات باستخدام الريليهات الكهرومغناطيسية يمكن استخدام محرك موازر للتحكم بصفة مستديمة في محول ذاتي متغير Variac ، بالإضافة إلى محول (buck-boost) بالطريقة المبينة بالشكل (٤ - ٨) ، حيث يتم الإحساس بالجهد بواسطة دائرة إحساس (S) ويتم التحكم في اتجاه دوران المحرك الموازر (SM) بواسطة دائرة تحكم (C) حيث يدور المحرك الموازر SM في اتجاه زيادة عدد لفات خرج المحول الذاتي TR1 أو انقاص عدد لفات المحول الذاتي للوصول بجهد

الخروج للقيمة المطلوبة. ويتم توصيل خرج المحول الذاتي المتغير Variac إلى دخل محول الزيادة والنقص TR_2 ، فإذا كانت الرجل المنزلة للمحول الذاتي TR_2 المتغير في أحد جانبي النقطة الثابتة يزداد جهد خرج محول الزيادة والنقص buck - boost وإذا كانت الرجل المنزلة للمحول الذاتي المتغير في الجانب الآخر للنقطة الثابتة يقل جهد خرج محول الزيادة والنقص buck - boost .



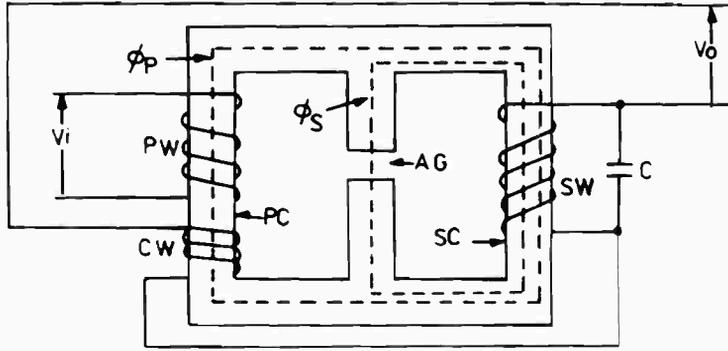
الشكل (٤ - ٨)

٤ / ٣ / ٤ - مثبتات الجهد المغناطيسية :

تعمل مثبتات الجهد المغناطيسية على تردد واحد مثل : 50HZ أو 60HZ وتتميز مثبتات الجهد المغناطيسية بثبات جهد الخرج بتفاوت $\pm 1\%$ فقط كما أنها لا تحتوي على أى أجزاء متحركة مثل : الريليهات ولا المحركات المؤازرة . ويعاب عليها احتواء خرج هذه المثبتات على توافقيات متعددة الرتبة مثل : توافقيات الرتبة الثالثة، وهذه التوافقيات يكون لها أحياناً بعض الآثار الضارة على بعض الأجهزة الكهربائية مثل المحركات الكهربائية إذ أنه قد يرفع درجة حرارتها . وفيما يلي المواصفات الفنية لأحد مثبتات الجهد المغناطيسية :

180 : 250V A.C	جهد الدخل
50 HZ	تردد الدخل
220 V $\pm 1\%$	جهد الخرج

والشكل (٤ - ٩) يعرض الدائرة المغناطيسية ذات الرنين الحديدية (Ferrores-onant Transformer) والتي تشكل العنصر الرئيسي في مثبتات الجهد المغناطيسية



الشكل (٤ - ٩)

PW	الملف الابتدائي
SW	الملف الثانوي
CW	ملف التعويض
PC	القلب المغناطيسي للملف الابتدائي
SC	القلب المغناطيسي للملف الثانوي
ϕ_P	المجال المغناطيسي للملف الابتدائي
ϕ_S	المجال المغناطيسي للملف الثانوي
AG	ثغرة هوائية
C	مكثف

ويلاحظ أن القلب المغناطيسي للملف الابتدائي PC يكون غير مشبع، أما

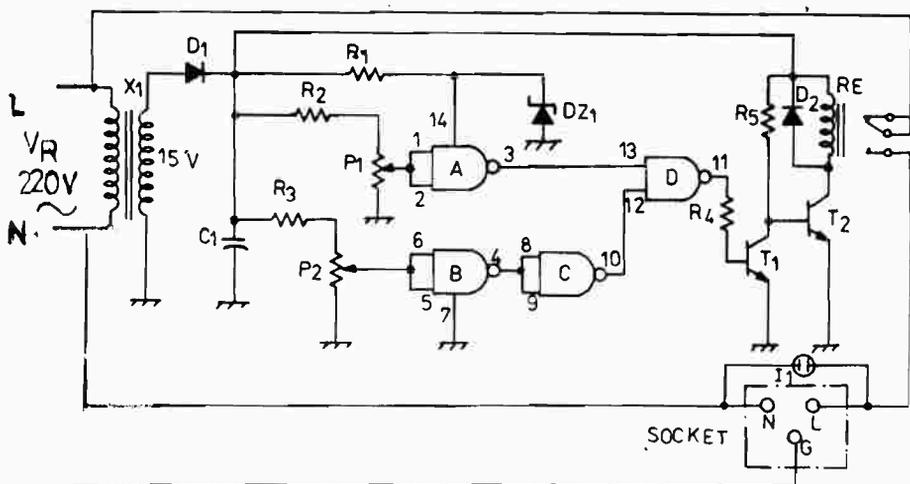
القلب المغناطيسي للملف الثانوى SC يكون مشعباً وبالتالي فإن أى تغيير في جهد الدخل V_i لا يقابله تغيير في جهد الخرج V_o . ويتوصيل ملف التعويض CW والمكثف C مع الملف الثانوى SW يؤدي ذلك إلى تشعب القلب المغناطيسي SC. فكلما ازداد المجال المغناطيسي الناتج من ملفات التعويض مثل المجال المغناطيسي المحصل للملف الابتدائي ΦP وتباعاً يقل المجال المغناطيسي المحصل للملف الثانوى ΦS فيقل الجهد الثانوى والعكس بالعكس.

أما المكثف C فيعمل علي توصيل الملف الثانوى SW إلى ما يقرب إلى الرنين وبالتالي يزداد التيار غير الفعال المار في الملف الثانوى SW فتصبح النسبة بين عدد اللفات نتيجة لزيادة المجال المغناطيسي للملف الثانوى والناتج عن وجود المكثف. وفي الحقيقة فإن خرج المحولات المغناطيسية تحتاج لترشيح حتى يتم تحويله من موجة مربعة إلى موجة جيبيية.

٤ / ٤ - دوائر الفصل عند انخفاض أو زيادة الجهد عن المسموح

الدائرة رقم (31)

الشكل (٤ - ١٠) يعرض دائرة الفصل عند زيادة أو انخفاض جهد المصدر عن المسموح باستخدام البوابات المنطقية.



الشكل (٤-١٠)

عناصر الدائرة :

R ₁	مقاومة كربونية 2.2 K Ω
R ₂ , R ₃	مقاومة كربونية 220 K Ω
R ₄	مقاومة كربونية 10 K Ω
R ₅	مقاومة كربونية 4.7 K Ω
P ₁ , P ₂	مقاومة متغيرة 100 K Ω
C ₁	مكثف كيميائي سعته 25 V / 200 μ F
D ₁	موحد سليكون طراز DR25
D ₂	موحد سليكون طراز 1N4002
DZ ₁	موحد زينر 1W / 9V
T ₁ , T ₂	ترانزستور NPN طراز BC 148
IC ₁	دائرة متكاملة طراز CD 4011
RE ₁	ريلاى يعمل عند جهد 15V ومقاومته أكبر من 240 Ω
I ₁	لمبة بيان نيون
SOCKET	بريزة
X ₁	محول خافض 0.5A - 220 / 15 V

نظرية عمل الدائرة :

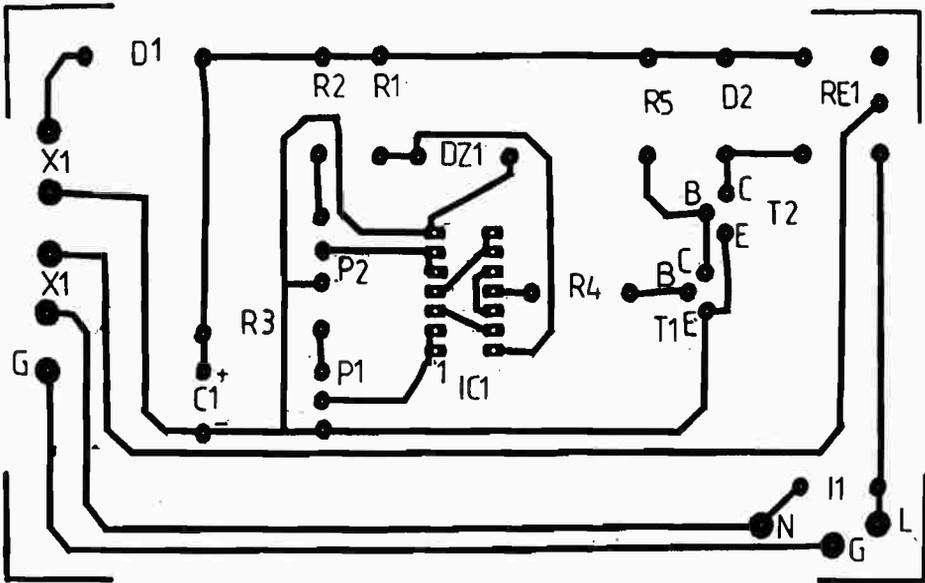
يوصل الملف الابتدائي للمحول X₁ علي طرفى مصدر الجهد المراد مراقبته VR والذي يساوى 220V (متردد) وعلى ذلك يكون جهد الملف الثانوى للمحول مساوياً 15V . ويتم ضبط P₁ ليكون الجهد عند الطرف المتحرك 4V كما يتم ضبط P₂ ليكون الجهد عند الطرف المتحرك 5.5V .

وحيث إن جهد التغذية للدائرة المتكاملة IC1 يساوى 9V بواسطة DZ1، وحيث إن دخل البوابة A يساوى 4V أى أقل من $\frac{1}{2} VDD$ والذي يساوى 4.5V وبالتالي فإن خرج البوابة A يصبح عالياً (H)، فى حين يصبح خرج البوابة B منخفضاً (L)، وتباعاً يصبح خرج البوابة C عالياً (H)، أما خرج البوابة D فيكون منخفضاً (L) وعلى ذلك يكون T1 فى حالة قطع، T2 يصبح فى حالة وصل ويصل التيار الكهربى للبريزة SOCKET .

أما إذا زاد جهد المصدر إلى 270V فإن دخل البوابة A يكون عالياً وكذلك دخل البوابة B، حيث إن جهد دخلهما أصبح أكبر من $\frac{1}{2} VDD$ ومن ثم يصبح خرج البوابة D عالياً (H)، فيعمل الترانزستور T1 فى حين يتحول الترانزستور T2 إلى حالة القطع OFF وبالتالي يتم قطع التيار الكهربى عن البريزة SOCKET .

أما إذا انخفض جهد المصدر ليصبح 170V يؤدي إلى انخفاض دخل كل من البوابتين A , B ، ويتحول خرج البوابة D إلى المستوي العالى (H) فيعمل T1، ويتحول T2 إلى حالة القطع OFF وينقطع وصول التيار الكهربى للبريزة SOCKET .

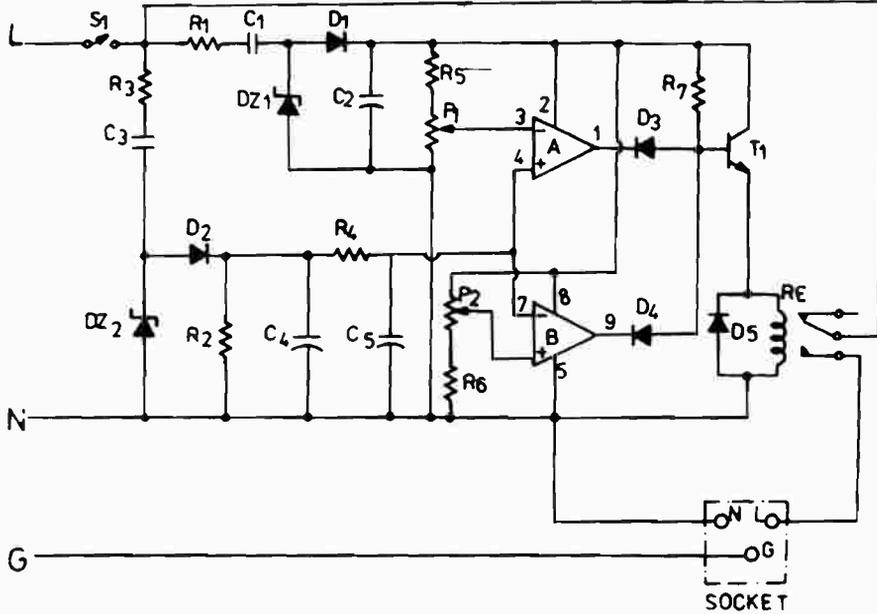
والشكل (٤ - ١١) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة رقم (31) منفذاً على لوحة توصيلات نحاسية وجه واحد مقاس 12.5x7cm .



الشكل (٤ - ١١)

الدائرة رقم (32)

الشكل (٤ - ١٢) يعرض دائرة الفصل عند زيادة أو انخفاض جهد المصدر عن الحدود المسموح بها باستخدام مكبرات العمليات.



الشكل (٤ - ١٢)

عناصر الدائرة :

R ₁ , R ₃	مقاومة كربونية 2W / 100Ω
R ₂	مقاومة كربونية 1W / 680Ω
R ₄	مقاومة كربونية 0.5W / 5.1KΩ
R ₅ , R ₆	مقاومة كربونية 0.5W / 4.7KΩ
R ₇	مقاومة كربونية 0.5W / 10KΩ
P ₁ , P ₂	مقاومة كربونية متغيرة 1W / 4.7KΩ
C ₁	مكثف كيميائي سعته 400V / 1μF

C2, C4	مكثف كيميائي سعته 25V / 250μF
C3	مكثف كيميائي سعته 400V / 0.3μF
C5	مكثف كيميائي سعته 25V / 2000μF
D1, D2	موحد سليكوني طراز DR50
D3, D4	موحد سليكوني طراز 1N4001
D5	موحد سليكوني طراز 1N4002
DZ1	موحد زينر 3W / 12V
DZ2	موحد زينر 1W / 11V
T1	ترانزستور NPN طراز BC 148
IC1	مكبر عمليات طراز 747
RE	ريلاي 9V وتياره 20mA
S1	مفتاح قطب واحد سكة واحدة
SOCKET	بريزة 220V

نظرية عمل الدائرة :

تعمل العناصر C2, D1, DZ1, C1, R1 على توليد جهد منظم 12V لتشغيل مكبر العمليات والريلاي ولإعطاء جهد مرجعي ثابت لأحد مداخل مكبر العمليات A, B، حيث يتم الحصول على الجهد المرجعي بواسطة مجزئ الجهد المؤلف من R3, C3, R2.

ويعمل موحد الزينر DZ2 على حماية الدائرة من جهد المصدر ويعمل الموحد D2 على توحيد جهد المصدر، وبالتالي يعبر الجهد المسلط على المقاومة R2 على التغيير الحادث في جهد المصدر كما يقوم C5 بتنعيم الجهد الخارج من الموحد D2 كما أن

الموحدات D3, D4 تعمل كإبوابة OR، أما الموحد D5 فيعمل على حماية الترانزستور T1 من ارتفاع الجهد عند انقطاع التيار الكهربى عن الريلاى RE .

فعندما يكون جهد المصدر في الحدود المسموح بها يكون خرج كل من المكبرين A , B في المستوى العالى (H)، وبالتالي يصبح الترانزستور T1 في حالة توصيل ON ويصل التيار الكهربى إلى البريزة (SOCKET) .

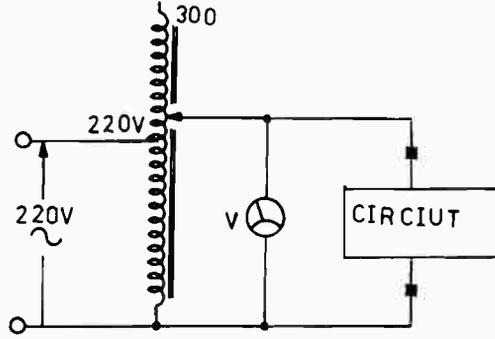
أما إذا كان جهد المصدر اعلى من الحدود المسموح بها (250V) يصبح جهد دخل المدخل العاكس للمكبر B أكبر من جهد المدخل غير العاكس لنفس المكبر فيصبح خرج المكبر B منخفضاً (L) وبالتالي فإن الترانزستور T1 يتعرض لانحياز عكسى عبر D4، فيتحول إلى حالة الفصل (OFF) وعليه يكون RE في حالة عدم تشغيل فلا يمر تيار المصدر إلى البريزة .

وعندما يكون جهد المصدر أقل من الحدود المسموح بها (180V) يصبح جهد المدخل العاكس للمكبر A أكبر من جهد المدخل غير العاكس ويكون خرج المكبر في المستوى المنخفض (L)، فيتعرض T1 لانحياز عكسى عن طريق D3 ولا يعمل RE وينقطع مرور التيار الكهربى إلى البريزة .

وعلى ذلك نلاحظ أن الريلاى RE يعمل فقط عندما يكون جهد المصدر في الحدود المسموح بها .

المقاومة R4 والمكثف C5 يكونان دائرة تأخير زمنى عند انقطاع المصدر الكهربى فإذا عاد المصدر الكهربى فجأة فإن هذه الدائرة لا تتحول لحالة الوصل إلا بعد حوالى نصف دقيقة وذلك للتأكد من أن جهد المصدر مستقر، وبهذه الطريقة يتم حماية الأحمال من التذبذبات الحادثة في المصدر المتردد بعد انقطاع التيار لمدة طويلة .

ولضبط الدائرة تستخدم الدائرة المبينة في الشكل (٤ - ١٣).



الشكل (٤ - ١٣)

حيث توصل الدائرة التي نحن بصددنا (Circuit) مع محول ذاتي (x) وجهاز قياس الجهد الكهربائي (V) كما بالشكل.

ثم يضبط جهد الملف الثانوي للمحول عند 180V وتضبط P1 حتى يفصل الريلاي RE.

يضبط جهد الملف الثانوي للمحول الذاتي عند 250V وتضبط P2 حتى يفصل الريلاي RE.

أما إذا لم يتوافر محول ذاتي فتضبط P1 للوصول لجهد 5V وتضبط P2 للوصول لجهد 8V.

D ₅	موحد زينر 1W / 12V
T ₁	ترانزستور NPN طراز SL100
T ₂	ترانزستور NPN طراز BC148
T ₃	ترانزستور PNP طراز BC178
IC ₁	دائرة متكاملة تحتوي على اثنين مكبر عمليات طراز 747
RE	ريلاي 12V ومقاومته أكبر من 120Ω
SOCKET	بريزة 220V
I ₁ , I ₂	لمبة بيان نيون 220V

نظرية عمل الدائرة :

تعمل العناصر T₂ , C₂ , P₄ علي توفير زمن التأخير اللازم والذي يتراوح ما بين عدة ثوانى إلى عدة دقائق . ولا يختلف عمل هذه الدائرة عن الدائرة السابقة, فعندما يكون الجهد المنظم VR الخارج من مثبت الجهد المراقب بهذه الدائرة في الحدود المسموح بها، فإن خرج كل من المكبرين A , B يكون عالياً فيشحن C₂ ويتحول T₃ , T₂ , لحالة الوصل ويصل التيار الكهربى للبريزة .

وعند انخفاض الجهد المنظم VR عن الحدود المسموح بها (180V) فإن الجهد الداخلى من P₂ إلى المدخل العاكس للمكبر A يصبح أكبر من الجهد الداخلى إلي المدخل غير العاكس لنفس المكبر فيكون خرج المكبر منخفضاً . وبالتالي يفرغ المكثف C₂ شحنته بسرعة خلال D₆ , D₈ والمكبر A ويتحول T₃ , T₂ إلى حالة القطع OFF فيعود الريلاي RE لحالته الطبيعية وينقطع التيار الكهربى عن البريزة SOCKET .

وفي حالة عودة جهد المصدر لقيمتة المقننة يصبح خرج A عالياً ولكن هذا لن يغير من حالة الريلاي RE؛ لأن C₂ مازال غير مشحون، حيث يبدأ C₂ فى الشحن ببطء ويعتمد زمن الشحن علي قيمة P₄، وعندما يصل الجهد على C₂ للحد اللازم

لتحويل T4 , T3 لحالة الوصل ON يتحول كذلك RE إلى حالة التوصيل ويوصل التيار الكهربى للبريزة .

ويعمل مجزئ الجهد المكون من R5 , R4 علي جعل جهد الباعث للترانزستور T2 عند جهد أعلى من جهد الأرضى، فيشحن C2 إلى قيمة من الجهد تتعدى الفقد في الجهد على R4 بحوالى 0.6V والذي يعادل فقد الجهد في وصلة الباعث والقاعدة للترانزستور السليكونى .

أما إذا تعدى الجهد المنظم VR الحدود المسموح بها (270V) فسيصبح خرج المكبر B منخفضاً، ويفرغ C2 شحنته بسرعة عبر D8 , D2 والمكبر B ويتحول T2 , T3 لحالة القطع، ومن ثم يتحول RE لحالة القطع فيتم بذلك قطع التيار عن البريزة SOCKET . وإذا عاد جهد المصدر الكهربى إلى الحدود المسموح بها يتكرر ما سبق .

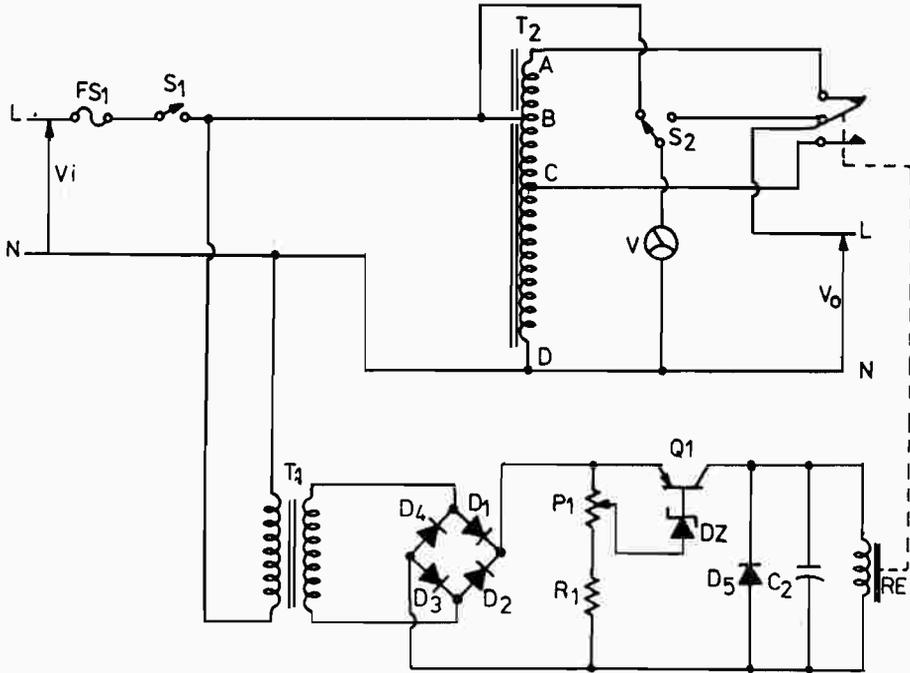
وهذه الدائرة مناسبة جداً للأحمال التى يخشى عليها من قطع التيار الكهربى وتوصيله إليها بسرعة مثل الثلاجات .

كما أنه يمكن معايرة زمن الفصل بواسطة P4 . في حين أنه يمكن ضبط الحدود المسموح بها لجهد المصدر بواسطة P3 , P2 . فبواسطة P2 يمكن ضبط أقل جهد مسموح به وعن طريق P3 يمكن ضبط أعلى جهد مسموح به .

أما المقاومة P1 فتعطى جهداً يعبر عن التغيرات التى تحدث في الجهد المنظم VR، ويتم ضبطها بحيث يكون جهد الخرج على الرجل المنزلة يساوي 6V بالنسبة لسالب قنطرة التوحيد (D1 : D4) .

الدائرة رقم (34)

الشكل (٤ - ١٥) يعرض دائرة مثبت جهد متردد باستخدام ريلاي واحد.



الشكل (٤ - ١٥)

عناصر الدائرة :

R1	مقاومة كربونية 0.5W / 2.2 KΩ
P1	مقاومة متغيرة خطياً 1W / 5 KΩ
C1	مكثف كيميائي 25 V / 1000μF
C2	مكثف كيميائي 15 V / 100μF
D1 : D4	موحد سليكوني طراز 1N4001

D ₅	موحد سليكونى طراز 1N4148
DZ ₁	موحد زينر 400mw / 7.5V
Q ₁	ترانزستور PNP طراز BC177
T ₁	محول خافض 250mA - 220 / 15 V
T ₂	محول ذاتى نسبة تحويل الرفع 8 : 7 ونسبة تحويل الخفض 20 : 21
RE	ريلاى 12V وتياره 200mA
S ₁	مفتاح قطب واحد سكة واحدة
S ₂	مفتاح قطبين سكة واحدة
FS ₁	منصهر 400mA

نظرية عمل الدائرة

الدائرة المبينة عبارة عن دائرة مثبت جهد متردد Va.c يستخدم فيها ريلاى واحد . فعند وضع المفتاح S₁ في وضع توصيل ON يتم خفض جهد المنبع ~220V بواسطة المحول T₁ إلى ~15V ثم يوحد هذا الجهد باستخدام قنطرة توحيد الموجة الكاملة D₄ : D₁ ثم يرشح بواسطة المكثف C₁ .

وبذلك نحصل على جهد مستمر Vd.c يتغير بتغير جهد المصدر المتردد ~220V وهذا الجهد يستخدم فى تشغيل الريلاى RE . وجزء من هذا الجهد المستمر والذي يضبط بواسطة P₁ يطبق على قاعدة الترانزستور Q₁ عن طريق موحد الزينر DZ₁ . فعندما يكون الجهد الواقع على P₁ عند نقطة اتصالها مع DZ₁ يزيد عن جهد ثنائى الزينر بحوالى 0.6V، فإن ذلك الجهد يؤدي إلى تحويل الترانزستور Q₁ إلى وضع التوصيل ON فتتخفض المقاومة الداخلية لوصلة الباعث والمجمع للترانزستور، حيث تقترب من (0Ω) فيمر تيار من خلاله إلى ملف الريلاى مما يؤدي إلى أن يغير الريلاى من حالته التى كان عليها أى يغلط مسار التيار فى وضع (N.O) .

* المحول T2 محول ذاتي له أربع نقاط تفرع وهي A,B, C, D حيث يوصل منبع الجهد الرئيسي (220V a.c) بين النقطتين BD أما جهد الخرج فيؤخذ بين النقطتين A,D أو بين النقطتين C,D. ويلاحظ هنا أن عدد لفات ملف الدخل (B,D) أقل من عدد لفات ملف الواصل ما بين (A,D) وأكثر من عدد لفات ملف الخرج الواصل ما بين (C,D)، ومن هنا نلاحظ أن الملف AD يعتبر ملف رفع جهد الخرج بالنسبة للدخل بنسبة 7:8، بينما يكون الملف CD فهو ملف خفض جهد الخرج بالنسبة للدخل بنسبة 21:20.

ففي الوضع العادي يكون الجهد الواقع على P1 عند نقطة اتصالها بموحد الزينر غير كافٍ لتشغيل الريلاي وبالتالي يظل الريلاي في الوضع (N.C)، ويكون جهد الخرج عبارة عن الجهد الواقع على طرفي ملف الرفع AD.

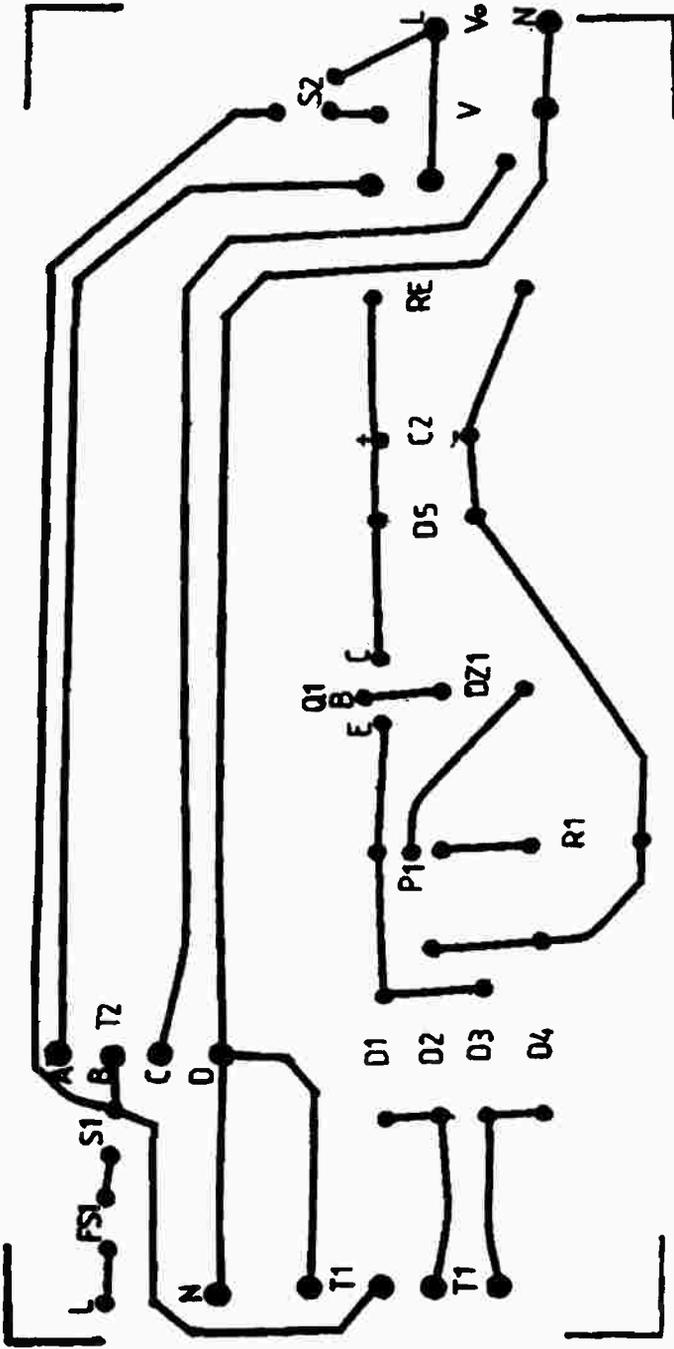
أما إذا زاد جهد المنبع عن الجهد المقنن فإنه يزداد بالتعبية الجهد المستمر المار في دائرة التوحيد فيرتفع جهد المقاومة P1 عند اتصالها بموحد الزينر بما يزيد عن جهد الزينر بحوالي 0.6V، مما يؤدي إلى توصيل الترانزستور Q1 ومرور تيار في ملف الريلاي RE الذي يجذب حافظته إلى الوضع (N.O)، مما يؤدي إلى تحول الخرج إلى وضع الملف الخافض CD.

ويلاحظ أن دائرة مثبت الجهد لها حدود معينة يعمل خلالها، حيث إن نسبة خفض المحول الذاتي ونسبة الرفع محددة كما أسلفنا، وعلى ذلك نجد أنه إذا كان جهد الدخل للدائرة حوالي 175V يكون جهد الخرج ما بين A,D ما يقرب من 200V أما إذا زاد جهد الدخل إلى 250V فإن جهد الخرج يكون ما بين النقطتين C, D ما يقرب من 240V.

وعلى ذلك نجد أن جهد الخرج محصور ما بين 200V إلى 240V عندما يتغير جهد المنبع ما بين 175V إلى 250V.

وبذلك نلاحظ أن نسبة التغير في جهد الخرج للدائرة أقل بكثير من التغير في جهد الدخل، كما أن مدى التغير هذا في جهد خرج الدائرة مناسب جداً لكثير من الدوائر والأجهزة الالكترونية والكهربية والتي تحتاج في عملها إلى جهد ثابت أثناء التشغيل.

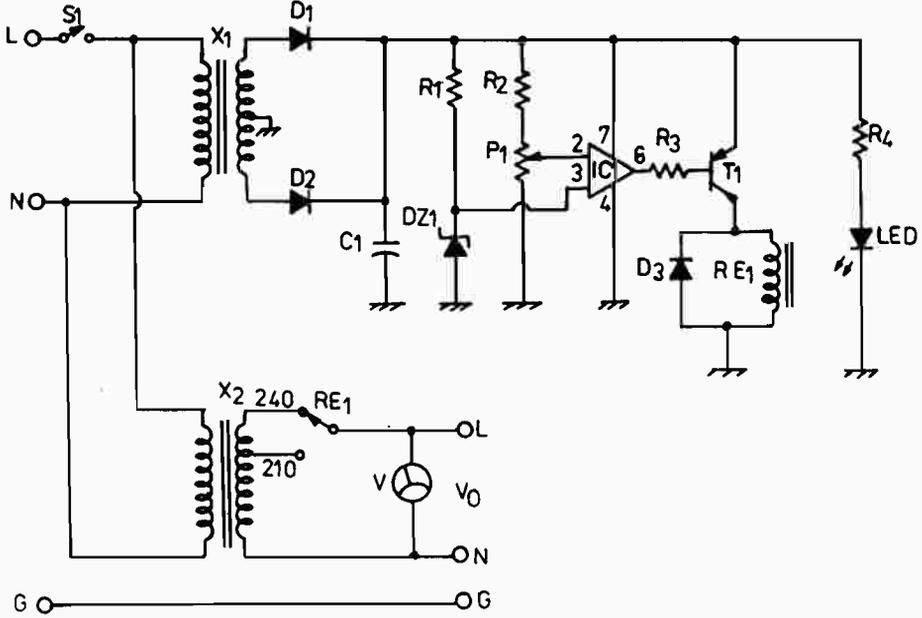
والشكل (٤-١٦) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة رقم (34) منفذاً على لوحة توصيلات نحاسية وجه واحد مقاس 18x10cm.



الشكل (٤-١٦)

الدائرة رقم (35)

الشكل (٤-١٧) يعرض دائرة مثبت جهد بريلاى واحد يسمح بتثبيت جهد المصدر بتفاوت لا يتعدى $\pm 10\%$.



(الشكل ٤-١٧)

عناصر الدائرة:

R1	مقاومة كربونية $0.5W/680 \Omega$
R2:R4	مقاومة كربونية $0.5W/1K\Omega$
P1	مقاومة متغيرة $1W/10K\Omega$
C1	مكثف كيميائى سعته $16V/470\mu F$
D1:D3	موحد سليكونى طراز 1N4001
DZ1	موحد زينر $250 mW - 6.2V$

T ₁	ترانزستور NPN طراز SK 100 B
IC ₁	دائرة متكاملة طراز LM709
LED	موحد باعث للضوء 10 mA
RE ₁	ريلاى 6V مقاومته لا تقل عن 300Ω
X ₁	محول C.T - (9-0-9)V - 1A-220
X ₂	محول 210 - 5A-220/230
V	فولتميتر 300V
S ₁	مفتاح قطب واحد سكة واحدة

نظرية عمل الدائرة:

يعمل موحد الزينر على تثبيت جهد المدخل غير العاكس للمكبر IC₁ عند 6.2V. أما جهد المدخل العاكس للمكبر فيمثل الجهد المقابل لجهد المصدر فعندما يصبح جهد المصدر 225V يصبح جهد المدخل العاكس أكبر من 6.2V وعليه يكون خرج المكبر منخفضاً (L) ويكون تقريباً (0V) فيتحول الترانزستور T₁ لحالة الوصل ويمر التيار الكهربى فى ملف الريلاى RE₁ فتتغير حالة ريشه فتصبح الريشة المغلقة مفتوحة والعكس بالعكس. وبالتالي يصبح جهد الخرج V_o مساوياً.

$$V_o = 225 \times \frac{210}{220} = 214 \text{ V}$$

أما إذا انخفض جهد المصدر إلى 190V مثلاً فسيصبح جهد خرج المكبر عالياً (H) ويتحول الترانزستور T₁ لحالة القطع ومن ثم يتحول الريلاى RE₁ لحالة القطع فتعود ريشه إلى حالتها الطبيعية ويصبح جهد الخرج V_o مساوياً.

$$V_o = 190 \times \frac{240}{220} = 207 \text{ V}$$

علماً بأن حدود دخل المثبت التى يعمل عندها (190V:250V) كما يتراوح جهد الخرج ما بين (207V:244V).

ويمكن ضبط هذه الدائرة باستخدام محول ذاتى متغير Variac حيث يوصل

P ₁	مقاومة كربونية متغيرة 1W/2.2K Ω
C ₁ ,C ₂	مكثف كيميائي سعته 35V/100 μ F
D ₁ :D ₄	موحد سليكوني طراز 1N4002
D ₅	موحد سليكوني طراز 1N4148
DZ ₁	موحد زينر 400mw/20V
Q ₁ ,Q ₂	ترانزستور NPN طراز BC 147A
RE	ريلاى 18V
T ₁	محول ملفه الابتدائي له أربع نقاط تفرع (A,B,C,D) نسبة تحويل الرفع 21:20 = BD:AD نسبة تحويل الخفض 7:8 = CD:BD كما أن له ملفين ثانويين منفصلين لهما نسبتي تحويل (220/30V),(220/20V)
S ₁	مفتاح قطب واحد سكة واحدة
FS ₁	منصهر حماية 500 mA
	نظرية عمل الدائرة:

الدائرة عبارة عن دائرة مثبت جهد متردد V a.c باستخدام ريلاى واحد مع محول له ملفان ثانويان منفصلان لتشغيل كل من الريلاى وكذلك لإنتاج حساس للخرج يستشعر انخفاض أو ارتفاع الخرج عن جهد مرجعي محدد.

الملف الثانوى الذى يعطى جهداً قيمته 20V يتم توحيد هذا الجهد بواسطة D₁,D₂ ويرشح بواسطة C₁ حيث يستخدم هذا الجهد لتشغيل الريلاى RE.

أما الملف الثانوى الذى يعطى جهداً 30V فيوحد أيضاً هذا الجهد بواسطة

الموحدين D3,D4، ويرشح بواسطة C2، ومن ثم يطبق هذا الجهد على قنطرة المقارنة والمكونة من R1,DZ1,R3,R2,P1 حيث تمثل المقاومات R2,R3,P1 الفرع الأول للقنطرة وتعمل كمقسم لجهد دائرة التوحيد بعد ترشيحه وكذلك وينفس الكيفية يمثل ثنائى الزينر R1,DZ1 الفرع الثانى للقنطرة ويمثل الجهد (VDZ1) الجهد المرجعى لقنطرة المقارنة. أما الجهد الذى سيتم مقارنته مع جهد موحد الزينر (الجهد المرجعى) فهو الجهد الواقع على المقاومة المتغيرة P1.

وعلى ذلك يكون خرج قنطرة المقارنة يساوى (0V) إذا تساوى الجهد على الطرف المتحرك للمقاومة P1 مع الجهد المرجعى (VDZ1)، أما إذا لم يتساويا فإن قطبية خرج القنطرة يتوقف على قيمة الجهد الواقع على الطرف المتحرك للمقاومة P1 من حيث أقل أو أزيد من الجهد المرجعى.

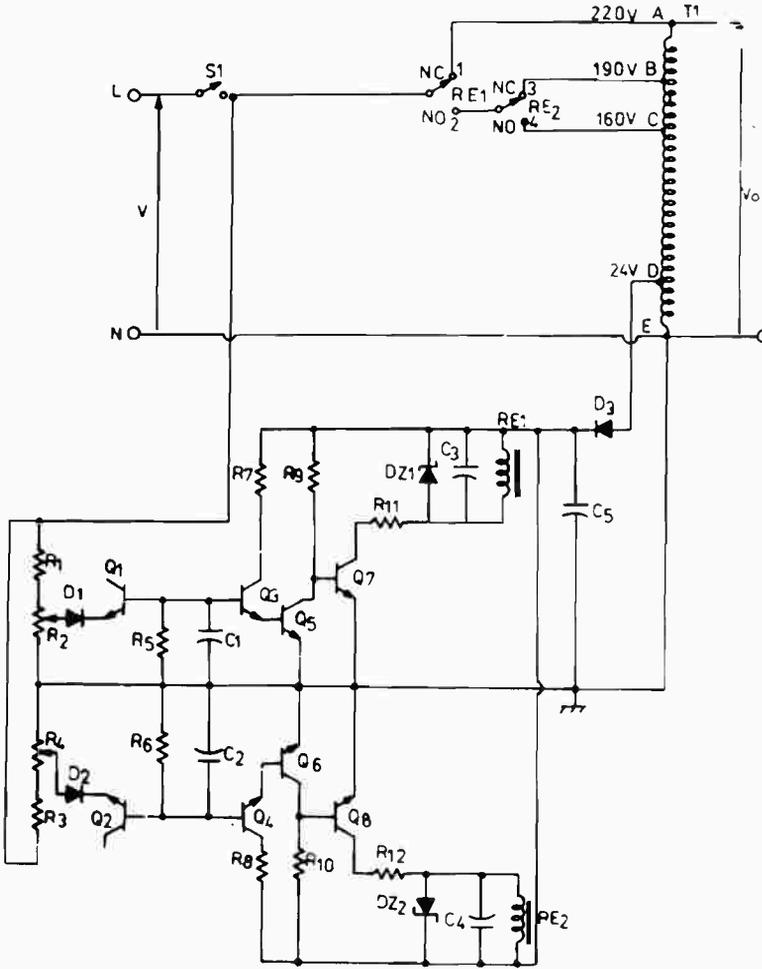
فى بداية تشغيل الدائرة يتم ضبط P1 بحيث يكون الريلاى RE فى وضع N.C وذلك عندما يكون جهد المنبع يساوى 200V.

إذا زاد جهد المنبع فسيزيد بالتبعية الجهد المستمر المتولد فى قنطرة المقارنة ومن ثم يزيد الجهد على الطرف المتحرك للمقاومة P1 ويحول هذا الجهد الترانزستور Q1 لحالة القطع، فيرتفع جهد مجمه الذى يؤدي إلى زيادة الانحياز الأمامى لقاعدة الترانزستور Q2، فيتحول إلى حالة التوصيل ON فيمر التيار الكهربى بملف الريلاى الذى يحول بدوره وضع الخرج إلى الطرفين C,D للملف الابتدائى فينخفض الخرج.

أما إذا انخفض جهد المنبع فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض الجهد المستمر لقنطرة المقارنة. وعليه يقل الجهد على الطرف المتحرك للمقاومة P1. ويؤدي خرج القنطرة إلى تحويل الترانزستور Q1 إلى وضع التوصيل ON، ومن ثم ينخفض الجهد الواقع على مجمه فيحول بالتبعية الترانزستور Q2 إلى حالة القطع OFF فيتوقف مرور التيار الكهربى فى ملف الريلاى RE؛ مما يؤدي إلى تحول خرج الدائرة إلى وضع N.C للريلاى ويصل جهد الخرج على طرف الملف الراجع (A.D).

الدائرة رقم (37)

الشكل (٤-١٩) يعرض دائرة مثبت جهد باستخدام عدد اثنين ريلاي، ويمكن الحصول منه على جهد ثابت قيمته (220V~).



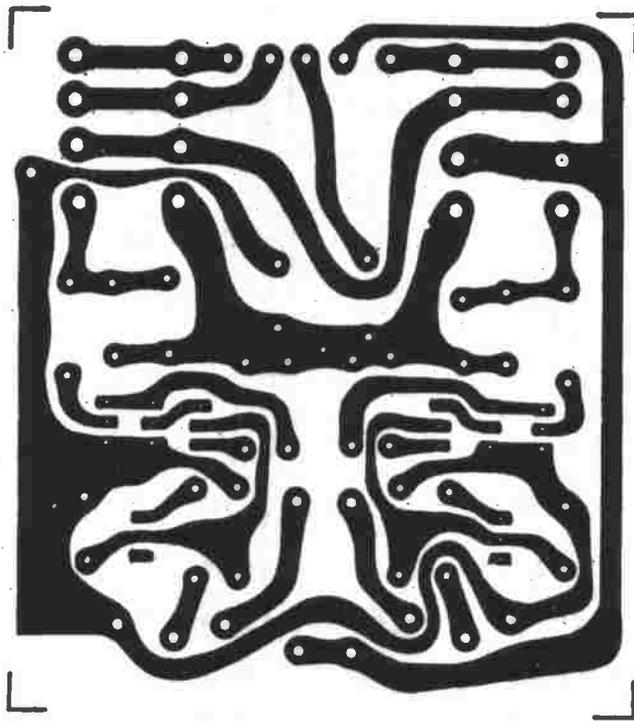
الشكل (٤-١٩)

عناصر الدائرة:

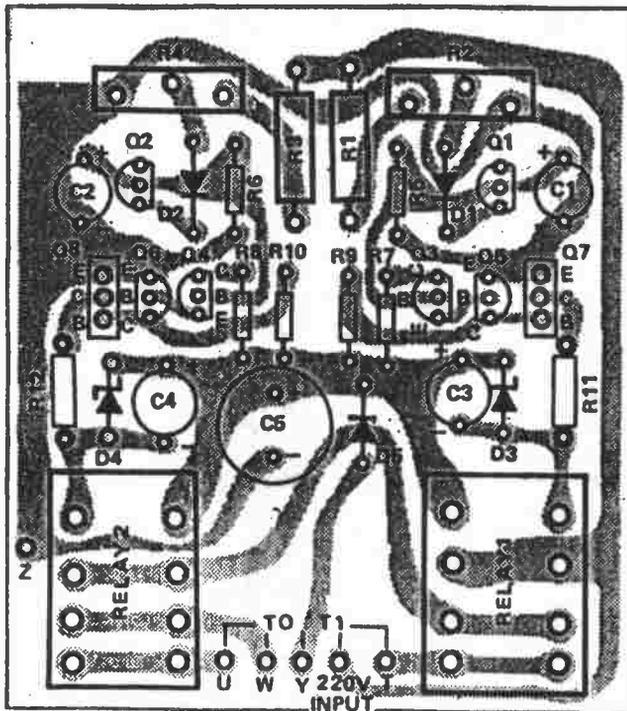
R1,R3	مقاومة كربونية 1w/120KΩ
R2,R4	مقاومة كربونية متغيرة 1w/25KΩ
R5,R6	مقاومة كربونية 0.5w/22KΩ
R7:R10	مقاومة كربونية 0.5w/10KΩ

R11,R12	مقاومة كربونية 2w/150Ω
C1,C2	مكثف كيميائي سعته 50V/22μF
C3,C4	مكثف كيميائي سعته 16V/100μF
C5	مكثف كيميائي سعته 50V/470μF
D1:D3	موحد سليكوني طراز 1N4001
DZ1,DZ2	موحد زينر طراز 1N4743 أو 1N4742 (12V)
Q1, Q2	ترانزستور NPN طراز 9013
Q3: Q6	ترانزستور NPN طراز 2N3904
Q7,Q8	ترانزستور قدرة NPN طراز NA51w
RE1,RE2	ريلاي 12V وتياره 3A
T1	محول ذاتي 220V له نقاط تفرع عند 500mA-190,160,24V
S1	مفتاح قطب واحد سكة واحدة

الشكل (٤-٢٠) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة في الشكل (أ)، وكذلك توزيع عناصر الدائرة على الوجه الأمامي للوحة التوصيل في الشكل (ب) مقاس لوحة التوصيل 9x8cm.



(أ)



(ب)

الشكل (٤-٢٠)

نظرية عمل الدائرة :

يمكن تقسيم الدائرة إلى قسمين متماثلين يحتوى كل منهما على :

١ - دائرة التوحيد

٢ - دائرة تشغيل الريلاى

٣ - دائرة المفتاح والريلاى

٤ - المحول الذاتى .

١ - دائرة التوحيد

وتتكون من $C1, Q1, D1$ للقسم الأول من الدائرة ومن $C2, Q2, D2$ للقسم الثانى من الدائرة، وتقوم دائرة التوحيد بتوحيد الجهد المتردد المطبق على المقاومة $R3, R4$ إلى جهد مستمر، وهو الذى نحن بحاجة إليه لتغذية دائرة تشغيل الريلاى، كما أن الترانزستورين $Q1, Q2$ يتم توصيلهما على شكل موحد، حيث يساعدان على ضبط جهد الإعتاق (Tripping voltage) لدائرة تشغيل الريلاى بدقة عالية وذلك بواسطة المقاومتين $R2, R4$. وعادة يتم ضبط المقاومتين $R2, R4$. بحيث يكون كل من $RE1, RE2$ لايعملان عند الجهد المقنن ويكونان فى الوضع $N.O$ ، بينما يغير الريلاى $RE1$ حالته إلى وضع $N.C$ عند انخفاض جهد المنبع إلى $190V$ ، والريلاى $RE2$ تتغير حالته عندما ينخفض جهد المنبع إلى $160V$ إلى $N.C$. أى أن $RE1$ تتغير حالته قبل $RE2$ ولتحقيق ذلك تضبط $R2$ عند $6.2K\Omega$ بينما تضبط $R4$ عند $7.5K\Omega$.

٢ - دائرة تشغيل الريلاى

وتتكون الأولى من $R5, R7, R9, Q3, Q5$ أما الثانية فتتكون من $R6, R8, Q4, Q6, R10$ حيث نرى أن كلاً من $(Q3, Q5)$ ، $(Q4, Q6)$ موصل كل منهما على شكل دائرة دارلنجتون وذلك لإمكان الحصول على تيار عالٍ مؤثر لتشغيل دائرة المفتاح والريلاى التاليتين .

٣ - دائرة المفتاح والريلاى .

وتتركب الأولى من $C3, D3, R11, Q7$ والريلاى $RE1$ ، والثانية تتركب من $RE2, R12, D4, Q8$ ، والريلاى $RE2$.

ثنائي الزينر (12V)DZ1 والمكثف C3 موصلان معاً على التوازي وعلى ملف الريلاى RE1؛ وذلك لتحديد الجهد المطبق على ملف الريلاى عند 12V. أما المكثف C3 فيعمل على إخماد الارتداد الحثي Inductive Cick الناشئ بواسطة الريلاى عند عمل الترانزستور Q1. كما أن C4, DZ2 يعملان نفس العمل مع الريلاى RE2 والترانزستور Q8.

عندما يتحول الترانزستور Q7 إلى حالة التوصيل ON بواسطة خرج دائرة التشغيل فإنه يعمل كدائرة قصر بين وصلتي المجمع والمشع وبالتالي يساعد على مرور التيار خلال ملف الريلاى RE1 والذي يحول وضع ريشته إلى وضع (N.C) وكذلك وبنفس الطريقة تأثير Q8 بالنسبة للريلاى RE2 كما يتم تغذية مرحلتى تشغيل الريلاى، مرحلة الريلاى بجهد قيمته ~24V من النقطة E من المحول T1 حيث يوجد هذا الجهد ويرشح عن طريق الموحد D5 والمكثف C5.

٤ - مرحلة المحول الذاتى :

المحول الذاتى المستخدم ~220V وله نقاط تفرع أخرى ينقسم على أساسها ملفه إلى ثلاثة ملفات ثانوية الملف الأول (DE) ~24V ويستخدم هذا الجهد بعد توحيدته وترشيحه بواسطة C5, D3 لتغذية دائرة الريلاى بالجهد المستمر اللازم لتشغيله.

الملف الثانى (CE) ~160V ويتم توصيله إلى نقطة N.O للريلاى RE2، أما الملف الثالث (BE) ~190V ويتم توصيله إلى نقطة N.C للريلاى RE2 كما يؤخذ الخرج على طرفى المحول كاملاً (AE) ~220V.

ولضبط الدائرة قبل التشغيل يتم إدخال جهد قيمته ~190V على الدائرة وتضبط R2 حتى يصبح RE1 فى وضع N.O، ثم يقلل جهد المنبع إلى ~160V وتضبط R4 حتى يصبح RE2 فى وضع N.O، ومن ثم توصل الدائرة على منبع الجهد المستخدم المراد مراقبته.

فعندما يكون جهد المنبع ~220V تماماً فإن RE1, RE2 يكونان فى وضع (N.C) ويكون الدخل عن طريق النقاط (1) للريلاى RE1 وأرضى الدائرة. ويكون هو نفسه الخرج.

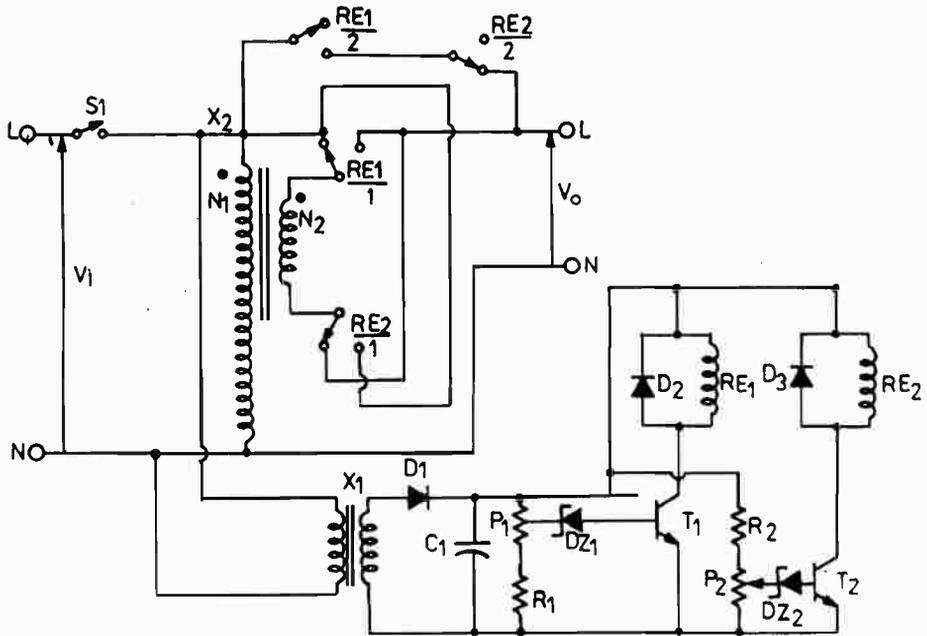
أما إذا انخفض جهد المنبع إلى $\sim 190V$ فإن RE1 يتحول إلى وضع (N.O) ويرحل الدخل عن طريق النقاط 2 للريلاي RE1، (3) للريلاي RE2 إلى النقطة B حيث يتم رفعه بواسطة المحول T1 إلى $\sim 220V$.

إذا انخفض جهد المنبع إلى $\sim 160V$ فإن الريلاي RE2 يتحول إلى وضع N.O ويتم ترحيل الدخل عن طريق النقاط (2) للريلاي RE1، (4) للريلاي RE2 إلى النقطة (C) على المحول حيث يتم رفع جهد المنبع عن طريق T1 إلى $\sim 220V$.

وبهذا نحصل على جهد خرج ثابت القيمة يساوي $\sim 220V$ عند أى انخفاض لجهد المنبع ما بين $160V:190V$.

الدائرة رقم (38)

الشكل (٤-٢١) يعرض دائرة مثبت جهد باستخدام عدد اثنين ريلاي تتحكم فى محول Buck-Boost.



الشكل (٤-٢١)

عناصر الدائرة:

R1,R2	مقاومة كربونية 0.5w/4.7KΩ
P1,P2	مقاومة متغيرة 1w/10KΩ
D1:D3	موحد سليكونى طراز 1N4002
DZ1,DZ2	موحد زينر جهده 1w/15V
T1,T2	ترانزستور NPN طراز SL 100
RE1, RE2	ريلاى 24V
X1	محول خافض 1A-220/18V
X2	محول 220/70V Buck-Boost
S1	مفتاح قطب واحد سكة واحدة

نظرية عمل الدائرة:

يعمل المحول X1 والموحد D1 والمرشح C1 كمصدر جهد تيار مستمر يتناسب طردياً مع جهد المصدر (الدخل).

فعندما يكون جهد الدخل أقل من 210V يكون كل من الريلاى RE1 و RE2 فى حالة OFF، وذلك لأن الجهد الخارج من D1 لن يكون قادراً على تحويل DZ1, DZ2 لحالة الانهيار، وبالتالي يصبح كل من T1,T2 فى حالة قطع، ومن ثم يقوم المحول X2 بزيادة جهد الخرج ليصبح:

$$V_{out} = V_{in} + \frac{V_{in}}{6}$$

وذلك لأن الملف الابتدائى والثانوى للمحول X2 فى هذه الحالة يكونان موصلين لانفاق قطبيتها.

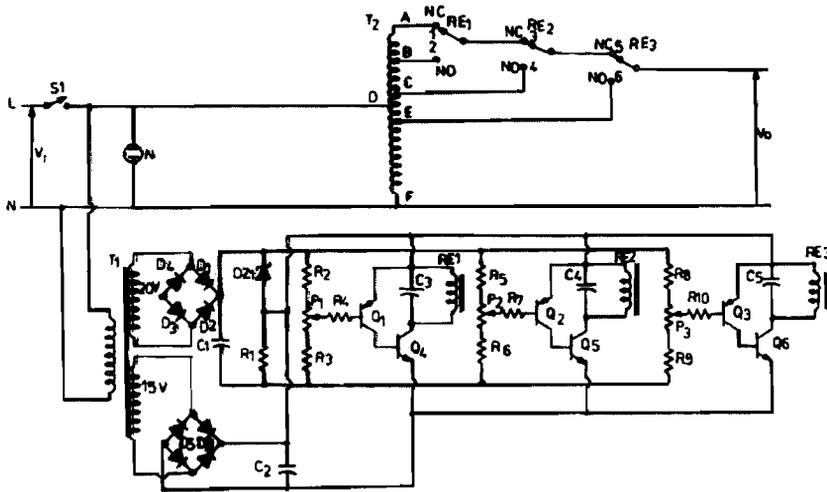
أما عندما يصبح جهد الدخل في الحدود (210:245V) يتحول T1 لحالة الوصل ON فيعمل الريلاى RE1 فينقطع مرور التيار الكهربى عبر الملف الثانوى للمحول X2 ومن ثم ينتقل جهد المصدر مباشرة للحمل عبر المسار البديل المؤلف من ريشة من $\frac{RE1}{1}$ وريشة من $\frac{RE2}{2}$ ولكن إذا زاد جهد الدخل وليكن 246V، يتحول كل من T1, T2 لحالة الوصل ON، فيعمل كل من RE2, RE1 وينعكس اتجاه مرور التيار الكهربى فى الملف الثانوى للمحول X2. ويصبح جهد الخرج مساوياً.

$$V_{out} = 246 - \frac{246}{6} = 205V$$

والجدير بالذكر أنه يمكن ضبط هذه الدائرة بواسطة محول ذاتى متغير، وضبط P1 ليعمل الريلاى RE1 عند جهد يبدأ من 210V، وكذلك ضبط المقاومة P2 ليعمل الريلاى RE2 عند جهد يبدأ من 246V.

الدائرة رقم (39)

الشكل (٤-٢٢) يعرض دائرة جهاز مثبت جهد متردد ~220V باستخدام عدد ثلاثة ريليات.



الشكل (٤-٢٢)

عناصر الدائرة:

R1 , R4 , R7 , R10	مقاومة كربونية 0.5W/4KΩ
R2 , R3 , R5 , R6 , R8 , R9	مقاومة كربونية 0.5W/1kΩ
P1: P3	مقاومة متغيرة 1W/10KΩ
D1: D8	موحد سليكوني طراز 1N4002
C1, C2	مكثف كيميائي سعته 64V/100μF
C3: C5	مكثف كيميائي سعته 40V/100μF
Q1: Q3	ترانزستور PNP طراز SK100
Q4: Q6	ترانزستور NPN طراز SL100
T1 500mA - (220/15V)(220/20V)	محول خافض ذو ملفين ثانويين منفصلين
T2	محول ذاتي له خمس نقاط تفرع (A,B,C,D,E,F)
	عدد لفات ملفاته AB = 25 لفة
	40 = BC لفة
	60 = CD لفة
	55 = DE لفة
	600 = EF لفة
S1	مفتاح قطب واحد سكة واحدة
N	لمبة بيان نيون ~230V
DZ1	موحد زينر 400mW/12V

نظرية عمل الدائرة:

الدائرة توضح دائرة جهاز تثبيت الجهد المتردد $\sim 220V$ وذلك باستخدام عدد ثلاثة ريليهات. والمحول الذاتى المستخدم فى الدائرة T2 عبارة عن محول ملفه ينقسم إلى خمسة ملفات.

ملف الدخل DF وعدد لفاته 655 لفة ويوصل عليه جهد المصدر المتردد المراد تثبيته.

أما ملفات الخرج فتتقسم إلى نوعين النوع الأول ملفات رافعة ويشمل الملف الأول AF، وعدد لفاته 780 لفة، والملف الثانى BF وعدد لفاته 755 لفة أما الملف الثالث CF فعدد لفاته 715 لفة.

والنوع الثانى فهو الملف EF وعدد لفاته 600 لفة وهو الملف الخافض الوحيد

والمحول الآخر T1 فيتكون من ملف ابتدائى وملفين ثانويين منفصلين أحدهما يخفض جهد المصدر المتردد إلى $\sim 20V$ ، حيث يتم توحيد هذا الجهد بواسطة قنطرة التوحيد (D1:D4)، ويرشح بواسطة C1 ويستخدم فى تغذية قنطرة المقارنة التى تتكون من DZ1 و R1 (الفرع الأول)، R2 و P1 و R3 (الفرع الثانى) وتستخدم كدائرة استشعار لحالة جهد المصدر من حيث انخفاضه أو ارتفاعه عن حد معين. وتكرر هذه القنطرة ثلاث مرات بالدائرة، حيث إن الفرع (R1 و DZ1) مشترك مع كل قناطر المقارنة الثلاث.

أما الملف الثانوى الثانى للمحول T1 فيخفض جهد المصدر إلى $\sim 15V$ حيث يوحد هذا الجهد بواسطة قنطرة التوحيد (D5:D8) ويرشح بواسطة C2؛ وذلك للحصول على جهد مستمر لتغذية الريليهات الثلاث المستخدمة فى الدائرة RE3 و RE2 و RE1.

يتم ضبط المقاومات المتغيرة الثلاث P1: P3 كى يتم تغذية الريليهات الثلاث على حسب المقاومة المتصلة به بالتيار الكافى لتشغيله، حيث تضبط P1 ليمر تيار خلال ملف الريلاى RE1 عندما يكون جهد المصدر 175V، وتضبط P2 بحيث يمر تيار فى ملف الريلاى RE2، وعندما يكون جهد المصدر 200V وتضبط P3 عندما يكون

جهد المصدر يساوى 230V ليمر تيار فى ملف الريلاى RE3 .

إذا كان جهد المصدر أقل من ~150V، فإن كل الريليات الثلاث لا تعمل وتكون جميعها فى وضع (N. C)، وبالتالي فإن ملف الخرج المستخدم فى هذه الحالة هو الملف AF (780 لفة) ويمر جهد المصدر عن طريق النقاط (1 و 3 و 5) إلى الخرج ويكون هنا المحول عبارة عن محول رافع حيث يقوم برفع جهد المصدر من 150V إلى حوالى 178V على حسب العلاقة.

$$\frac{N_{AF}}{N_{DF}} = \frac{V_o}{V_i}$$

$$\frac{780}{655} = \frac{V_o}{150}$$

$$V_o = (150 \times 780) / 655 = 178 \text{ V}$$

إذا زاد جهد المصدر إلى 175V فإن خرج قنطرة المقارنة الأولى (الجهد على الطرف المتحرك للمقاومة P1) يزداد، وبالتالي يرتفع جهد انحياز الترانزستور Q1 فيتحول إلى ON وبالتالي يتحول Q4 إلى ON فيمر التيار الكهربى خلال ملف الريلاى RE1. عبر Q4 مما يؤدي إلى تغيير وضع ريشة الريلاى إلى النقطة (2).

وبالتالى يمر الخرج عن طريق النقاط (5 و 3 و 2) للريليات الثلاث ويعتبر فى هذه الحالة الملف (BF) هو ملف الخرج (755 لفة)، وهو كما أسلفنا ملف رافع ويصبح جهد الخرج فى هذه الحالة مساوياً (201V) وذلك من العلاقة:

$$\frac{N_{BF}}{N_{DF}} = \frac{V_o}{V_i}$$

$$\frac{755}{655} = \frac{V_o}{175}$$

$$V_o = (755 \times 175) / 655 = 201 \text{ V}$$

وبنفس الطريقة إذا زاد جهد المصدر إلى 200V فإن RE2 يعمل ويتحول إلى وضع (N. O)، ويمر الخرج عن طريق الملف CF، ومن ثم يمر الخرج عن طريق (4 و 5) لكل من RE3 و RE2 فى حين لا يكون هناك تغيير فى حالة RE1، وبنفس الطريقة يتحول جهد المصدر إلى حوالى 218V؛ ذلك لأن الملف CF كما سبق ملف رافع أيضاً.

أما إذا ازداد جهد المصدر إلى ~230V فإن خرج قنطرة المقارنة الثالثة يؤدي إلى ارتفاع الجهد على الطرف المتحرك للمقاومة P3، وبالتالي يرتفع جهد انحياز قاعدة Q3 فيتحول إلى ON، وبالتبعية يتحول Q4 إلى ON ويمر تيار خلال ملف RE3 عبر Q4 ومن ثم يتحول وضع ريشة RE3 إلى وضع N.O ويمر الخرج عن طريق الملف EF (600 لفة) وهو ملف خافض كما ذكر. أى يمر الخرج عن طريق النقطة (6) للريلاي RE3 ولا يتأثر كل من RE1, RE2، .

وهنا نلاحظ أن الدائرة عملت على خفض جهد الخرج عن جهد الدخل وأصبح جهد الخرج فى حدود 210V وذلك كما يلي:

$$\frac{NEF}{NDF} = \frac{V_o}{V_i}$$

$$\frac{600}{655} = \frac{V_o}{230}$$

$$\therefore V_o = (600 \times 230)/655 = 210V \sim$$

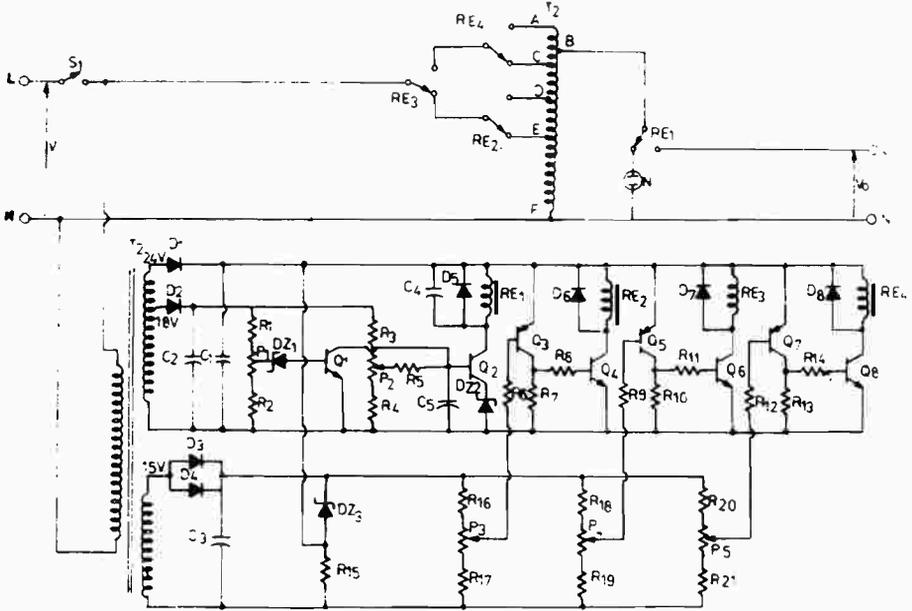
وعلى ذلك نلاحظ أن الدائرة تثبت الجهد فى مدى تغير حوالى 40V فى الخرج، فى حين أن مدى تغير الدخل يصل إلى حوالى 80V .

فبينما يتغير الدخل من 150V إلى 230V تقريباً، فإن خرج الدائرة يتغير من 178V إلى 218V، وهذا المدى مناسب جداً لمعظم الدوائر التى تعمل على جهد متردد حوالى 220V، حيث إن المدى الفعلى لخرج الدائرة يتراوح ما بين ~201V عند جهد مصدر 175V. وجهد خرج ~210V عند جهد دخل يساوى 230V تقريباً.

ولكن إذا قل جهد المصدر عن 175V فإن هذا يعنى أن المشكلة فى انخفاض جهد المصدر إلى تلك القيمة.

الدائرة رقم (40)

الشكل (٤-٢٣) يعرض دائرة مثبت جهد $\sim 220V$ باستخدام أربعة ريليهات، حيث يستخدم أحدهم لتشغيل دائرة قطع عند ارتفاع جهد المنبع ارتفاعاً شديداً أو عند انخفاض جهد المنبع عن حد معين.



الشكل (٤-٢٣)

عناصر الدائرة:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| R_1, R_4 | مقاومة كربونية $5.6K\Omega$ |
| $R_2, R_3, R_6, R_9, R_{12}, R_{16}, R_{18}, R_{20}$ | مقاومة كربونية $1.5K\Omega$ (عدد 8) |
| $R_5, R_{17}, R_{19}, R_{21}$ | مقاومة كربونية $1K\Omega$ |
| R_7, R_{10}, R_{13} | مقاومة كربونية $2.2K\Omega$ |

R8,R11,R14	مقاومة كربونية 4.7 K Ω
R15	مقاومة كربونية 3.9 K Ω
0.5W	* جميع المقاومات المستخدمة قدرتها
P1,P2	مقاومة متغيرة 1W/2.2K Ω
P3:P5	مقاومة متغيرة 1W/4.7K Ω
C1:C3	مكثف كيميائي سعته 64V/100 μ F
C4,C5	مكثف كيميائي سعته 50V/50 μ F
D1:D4	موحد سليكوني طراز 1N4002
D5:D8	موحد سليكوني طراز 1N4148
DZ1	موحد زينر 400mW/9.1V
DZ2	موحد زينر 400mW/5.1V
DZ3	موحد زينر 400mW/12V
Q1,Q2,Q4,Q6,Q8	ترانزستور NPN طراز BC147B
Q3,Q5,Q7	ترانزستور PNP طراز BC157
RE1:RE4	ريلاى 24V
T1	محول له نسبة تحويل 100mA-220/15V
500mA-220/(24,18)V	وله ملف ثانوى بنقطة المنتصف
T2	محول ذاتى ملفه مقسم إلى خمسة ملفات :
	لفة 55 DE ، لفة 25 AB
	لفة 600 EF ، لفة 40 BC
	لفة 60 CD
S ₁	مفتاح قطب واحد سكة واحدة
N	لمبة نيون 230V

نظرية عمل الدائرة:

الدائرة المبينة تستخدم عدد أربعة ريليهات، ثلاثة منها وهى RE2:RE4 تستخدم فى تصحيح جهد الدائرة، بينما يستخدم الرابع RE1 فى فصل الدائرة اتوماتيكياً (آلياً) عندما يقل جهد المنبع أو يزيد عن حد معين.

كما يلاحظ أن المحول الخافض T1 ملفه الثانوى يتكون من ثلاثة ملفات، أحدهم منفصل تماماً وهو الذى يعطى (15V) حيث يتم توحيد هذا الجهد بواسطة D3,D4 وترشيحه بواسطة C3، ويؤخذ هذا الجهد لتغذية دوائر قناطر المقارنة والتي يعتبر فرع مشترك مع كل من الفروع الثلاث الأخرى وهى R17,R16,P3 والتي تمثل الفرع الأول، أما الفرع الثانى فيتكون من R18,R19,P4، والفرع الثالث ويتكون من P5,R21,R20. ويتم ضبط المقاومات المتغيرة P3, P4, P5 على الجهود 175,200,230V لجهد المنبع على الترتيب، حيث تضبط المقاومة على الجهد المقابل لها بحيث يكون الريلاى الموصل بالترانزستور المتصل بها فى وضع N.C، وعلى ذلك فإن P3 تضبط RE2، P4 تضبط RE3، كما أن P5 تضبط الريلاى RE4.

أما الملف الثانوى الثانى للمحول T1 والذى يعطى جهد ~24V، فيتم توحيد هذا الجهد بواسطة D1 وترشيحه بواسطة C1، وخرج دائرة التوحيد يغذى الريليهات الأربعة RE1:RE4.

أما الجهد الأخير والذى يتم الحصول عليه من الملف الثانوى الثالث للمحول T1 فيساوى ~18V يوحد هذا الجهد ويرشح بواسطة C2,D2، وبذلك نحصل على جهد غير منظم يستخدم لتغذية دائرة القطع الأتوماتيكى لجهد الخرج والمكون من الترانزستورين Q1,Q2 وملحقاتهما من مقاومات R1:R5، وكذلك P1,P2 وموحدى الزينر DZ1,DZ2 والمكثف C5 حيث يتم ضبط كل من P2,P1 على القيمة الصغرى والعظمى لجهد المنبع الذى يعمل عنده الريلاى RE1 لكى يتم فصل جهد الخرج عن الحمل حتى لا يكون هناك خطورة عليه من ارتفاع أو انخفاض جهد الدخل بصورة كبيرة.

فبضبط P1 على القيمة الصغرى لجهد الدخل تجعل الترانزستور Q1 فى حالة (OFF) فى هذه الحالة، أما عند ضبط P2 على القيمة العظمى لجهد الدخل فإن هذا

يعنى أنه فى هذه الحالة يكون Q2 فى وضع ON، ولا يكون للترانزستور Q1 أى تأثير على كل من R3,R4,P2، بينما يحصل Q2 على جهد الانحياز الأمامى عن طريق R3,P2 ويبقى RE1 فى وضع التوصيل للخارج أى أن ريشته تكون فى وضع (N.C).

كيفية عمل دائرة القطع الآلى:

١ - عند انخفاض جهد المنبع انخفاضاً شديداً فإن هذا الانخفاض يؤدي إلى خفض جهد انحياز قاعدة الترانزستور Q2، حيث يصبح أقل من جهد DZ_1 ، ومن ثم يتحول الترانزستور إلى حالة الفصل OFF وعليه لا يمر تيار خلال ملف الريلاى RE1 فتتغير وضع ريشته إلى (N.O)، وتضاء اللمبة N دلالة على عدم صحة جهد الدخل، ويفصل الخرج عن الحمل الموصل على الدائرة.

٢ - عندما يزداد جهد المنبع زيادة عالية، فإن جهد النقطة المتحركة للمقاومة P1 يصل بموحّد الزينر DZ_1 إلى جهد الانهيار مما يحول الترانزستور Q1 إلى وضع التوصيل ON.

بتوصيل الترانزستور Q1 فإن جهد انحياز قاعدة Q2 يمر من خلاله إلى أرضى الدائرة، فيتحول Q2 إلى حالة الفصل OFF، وعلى ذلك تفصل ريشة الريلاى RE1 ويتحول إلى وضع (N.O) مما يؤدي إلى فصل الخرج عن الحمل، وتضاء اللمبة N للدلالة على عدم صحة جهد المنبع.

المقاومة R5 والمكثف C5 يساعدان على عدم تكرار فتح وغلق ريشة الريلاى RE1 عند التغير السريع لجهد المنبع وعلى هذا فإنه يجب فصل المكثف C5 عند بدء ضبط الدائرة.

كيفية توصيل جهد الخرج للحمل:

يؤخذ خرج الدائرة عن طريق النقطة B للمحول T1، ومن ثم تعتبر النقطة B فقط موصلة بطرف خرج الدائرة عندما يكون الريلاى RE1 فى وضع (N.C)، ويحدث ذلك فقط عندما يكون جهد المنبع واقع خلال المدى المضبوط عليه كل من P1,P2 فعندما يكون جهد المنبع أقل من القيمة المضبوط عليها P1 فإن كل الريليجات فى هذه الحالة تكون غير فاعلة ولا يكون هناك خرج.

إذا ارتفع جهد المنبع عن القيمة المضبوط عليها P1 فإن RE1 تصبح ريشته في وضع N.C وفي نفس الوقت يتم توصيل جهد المنبع إلى النقطة E للمحول T1 وذلك لكون كل من RE2,RE3 في وضع (N.C).

وعندما يرتفع جهد المنبع عن القيمة المضبوط عليها P3 فإن RE2 يتحول إلى وضع (N.O) وبالتالي يتم ترحيل الدخل إلى نقطة D من النقطة E عن طريق الوضع N.C للريلاي RE3.

وعند زيادة جهد المنبع عن القيمة المضبوط عليها P4 يتحول RE3 إلى الوضع N.O، ويتم ترحيل الدخل إلى النقطة C على المحول T1 عن طريق الوضع N.C للريلاي RE4، والوضع N.O للريلاي RE3، وإذا زاد جهد المنبع عند القيمة المضبوط عليها P5 (~230V) فإن الريلاي RE4 يتحول إلى (N.O)، ويتم توصيل الدخل إلى نقطة A من نقطة C وعلى ذلك يبدأ المحول T1 في العمل كمحول خافض [عن طريق الوضع (N.O) لكل من RE3,RE4]. أما إذا زاد جهد المنبع عن الحد المضبوط عليه P2 فإن RE2 يتحول إلى وضع N.O وتضاء اللمبة (N) دلالة على عدم صحة جهد المنبع وفصل خرج المحول (B) عن أطراف خرج الدائرة المتصلة بالحمل لحمايته.