ملاحظات

- هذا الملف موجه إلى طلاب السنة الخامسة طاقة في كلية الهمك الثانية في السويداء
- الكتاب المقرر هو : حماية نظم القدرة الكهربائية للسنة الخامسة طاقة **و هو الكتاب المعتمد لدراسة المقرر**
- ريثما يتم تأمين الكتاب (في حال عدم وجوده)، أقدم لكم هذه التوضيحات للفقرات المطلوبة و لمحة موجزة عنها.
- يتم عرض هذه المحاضرات على الحاسب الشخصي على أن لاتتم طباعتها أو تداولها كملخصات أ استخدامها في المكتبات الخاصة.
- أطلب من طلابي الأعزاء أن يبذلوا جهداً إضافيا في دراسة المقرر في هذه المرحلة علما أنني على أتم الجاهزية للإجابة على أسئلة الطلاب بالطريقة المناسبة.
- سيتم تزويد الطلاب بملف powerpoint مع ملف صوتي.

تمنياتي بالتوفيق لجميع الطلبة

د. فؤاد صالحة

محاضرة أولى حماية نظم القدرة الكهربائية - السنة الخامسة طاقة

[الكتاب المعتمد هو: حماية نظم القدرة الكهربائية - كليب الملك - حماية دشة]

المفاهيم الأساسية في أنظمة الحماية الكهربائية

الهدف من أنظمة الحماية:

تتألف نظام الحماية لمنشأة كهربائية من جميع التجهيزات والعناصر المستقلة لتأمين فصل هذه المنشأة عن مصدر التغذية الكهربائية عند ظهور أي عطل أو حالة تشغيل غير نظامية تشكل خطراً على المنشأة.

تهدف عملية الفصل للجزء المعطل عن بقية النظام إلى تحقيق الأمور التالية:

1- منع تضخيم العطل وانتشار آثاره إلى عناصر أخرى سليمة تؤدي إلى حالة فصل كامل أو تعتيم Blackout

2- مواجهة احتمال تحطيم عناصر وتجهيزات المنشأة الكهربائية التي يظهر بها العطل عن طريق عزلها عن كافة مصادر التوليد

3- تأمين حالة تشغيل نظامية لبقية أجزاء نظام القدرة وتمكينها من استمرار تغذية المستهلكين

الشروط الواجب توفرها في أنظمة الحماية الكهربائية:

1 زمن الاستجابة: لابد من تحديد زمن الاستجابة نتيجة الأخطار التي يسببها التأخر في فصل حالات القصر

يمكن أن يؤدي ارتفاع الحرارة لتيارات القصر إلى انصهار النواقل في الشبكات الكهربائية أو انصهار بعض عناصر التجهيزات

تحدد بنية مقاطع النواقل الكهربائية التي تتحمل مرور تيارات القصر دون انصهار بالعلاقة التالية

$$S_{sc} = \frac{I_{\infty}}{R}\sqrt{t_f}$$

I_{∞} الشدة المثلى لتيار القصر

t_f زمن وصول الذي يتجاوزه تيار القصر المستمر لفترة ذات الأهمية من الدارة التي يحدث تيار القصر المستمر في الزمن الحقيقي عند مروره بالشبكة

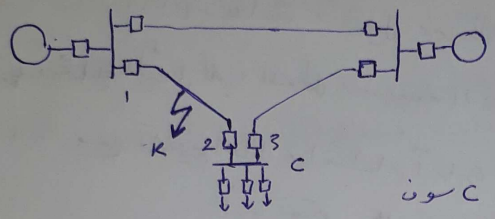
إذا كانت S_{sc} أكبر من S_n الذي يحسب من حالة التشغيل النظامية لذلك يجب تكبير S_n إلى بنية S_{sc} وهذا أمر غير منطقي لأنه غير اقتصادي

لذلك يتم التأثير على t_f الزمن الوحيد لمرور تيار القصر والذي يؤدي لذلك يكون S_{sc} مساوية للمقطع النظامي S_n

اي يتم تصغير الزمن اللازم لزوال العطل الذي سبب ظهور تيار القصر وبالتالي زيادة سرعة استجابة الحماية .

2 الانتقائية :

يجب فصل المنطقة المعطل فقط دون التأثير على عمل بقية العناصر الاخرى من النظام الكهربائي وتقع في حالة استقبل



يمكن للحماية أن تفصل العطل عن طريق القاطع الأمر 3 هنا يتم عزل العطل عن كامة المخاصات ولكن لا يوجد انتقائية سبب أن التغذية عن بقية أحمال الباسبار C سوف تنقطع أيضاً .

لكي تكون عمل نظام الحماية انتقائياً يجب أن يفصل القاطع 1 و 2 فقط .

- هناك حمايات تحوي على ميزة الانتقائية مدمجة في تشريع كالحمايات التفاضلية
- كما أن الحمايات ذات الانتقائية المطلقة
- يمكن أن نضيف صفة الانتقائية لبعض الحمايات عن طريق اضافة تأخير زمني على عملها

3 الوثوقية : تتمثل هذه الخاصية في امكانية نظام الحماية لأن يعمل دائماً بشكل صحيح عندما يكون هناك حاجة لذلك.

شرطي الوثوقية :

1- التصميم الصحيح لأنظمة الحماية .

2- الوثوقية في عمل كل عنصر من عناصر الحماية .

4 الحساسية : يجب أن تكون أنظمة الحماية ذات حساسية عالية وقادرة على العمل عند ظهور أي تغيرات صغيرة حول القيمة النظامية للكمية الكهربائية التي تراقبها هذه الأنظمة .

يتم تحديد مستوى الحساسية لنظام حماية بواسطة ثابت خاص للحماية الذي يدعى النسبة بين القيمة الصغرى للكمية المراقبة في حال عطل ما شرط أن يكون بين القيمة المراقبة التي تسبب تشغيل الحماية .

القيمة الصغرى للكمية المراقبة تظهر في الحالات التالية :

1- عند ما يظهر العطل في نهاية المنطقة المحمية أي في أبعد نقطة عن طرف التغذية .

2- عند ما يؤدي نوع العطل الى ظهور أصغرية للكمية المراقبة (2L-G)

3- طريقة ربط الشبكة تؤدي الى ظهور تيارات تشغيل أصغرية عند ما تظهر تيارات أصغرية للقصر

$$K_{sens} = \frac{I_{sc\,min}}{I_{pp}}$$

$I_{sc\,min}$: القيمة الفعلية لتيار القصر الأصغري الذي يمكن أن يظهر في المنطقة التي تتم حمايتها

I_{pp} : قيمة تيار تشغيل الحماية .

يتم تحديد ثوابت الحساسية لمختلف أنواع الحمايات عن طريق قوانين الحماية المعتمدة في كل شبكة كهربائية . مع ثوابت الحساسية ضمن المجال (1,25 - 2,5) لتحقيق التشغيل الصحيح للحمايات

- نظام كهربائي حساس ← الحالات ذات استطاعة كهربائية أصغرية ← حالات حساسة .
- نظام حماية أقل حساسية ← الحالات " " كبيرة ذات حساسية أقل . ولن تتحسس للتيارات الصغيرة

يجب على أنظمة الحماية مراعاة أن تعمل بشكل صحيح لأجل حالة التشغيل الأعظمي وحالة التشغيل الأصغري للعناصر الكهربائية المطلوب حمايتها في الشبكة الكهربائية .

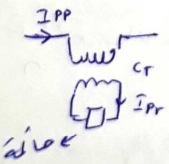
حالة تشغيل أعظمي ← يتم التحقق من الاستقائية لدى أنظمة الحماية

" أصغري ← يتم التحقق من الحساسية لدى أنظمة الحماية

أهم أنواع الرئيسية لأنظمة الحماية الكهربائية المستخدمة في نظم القدرة الكهربائية .

1 الحماية بالتيار Current Protection

تعمل هذه الحماية عند ازدياد قيمة التيار المار في عناصر الشبكة نتيجة ظهور دارة قصر أو زيادة الحمولة الكهربائية عن قيمة محددة عليه أجهزة حماية بالتيار الذي يسمى تيار انطلاق الحماية . I_{pp} ويعبر بوجود محولة التيار



n_{ct} نسبة تحويل محولة التيار

$$i_{pr} = \frac{I_{pp}}{n_{ct}}$$

i_{pr} تيار ثانوي محولة التيار كما يراه الحالة

تعمل الحماية بالتيار عندما $I > I_{pr}$ بالتالي تسمى بالحماية الأعظمية .

تكون لدى تعمل الحماية بالتيار بحالة العمل الطبيعي قيمة تيار انطلاق الحماية يجب أن تكون أكبر من الأعظمي وأكبر من تيار الحمل الأعظمي

$I_{pp} > I_{max}$ $\quad$ $I_{pp} > I_{nor}$

عادة الحماية التيارية لاتكفي لوحدها غير انتقائية حيث تعمل عند حدوث عطل خارج المنطقة المحمية لذلك يتم اضافة لحالات التيار عناصر انتقائية كالحالات الزمنية

- سبب بقية تيار اقلاع الحماية الكبيرة تكون حساسية هذا النوع من الحمايات صغيرة حسب العلاقة $K = \frac{I_{sc\,min}}{I_{pp}}$

2] الحماية بالتوتر : Voltage Protection .

تعد هذه الحماية بسيطة وفتاح ثمنية كهربائية واحدة تكون تعمل يمكن أن تكون أعظمية أو أعظمية

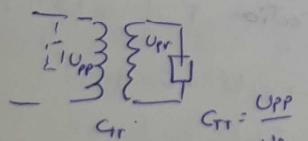
عند ارتفاع التوتر عن القيمة العظمى المقررة على الحواجز تعمل هذه الحماية
انخفاض " " " " الصغرى " " " "

- حالات التوتر الأعظمي تعمل عندما تتجاوز قيمة توتر الدارة المحمية الى قيمة أعلى من القيمة المحددة لتوتر تشغيل الحماية U_{pp} وهذه لا تعمل في حالات التشغيل النظامية بحيث أن تحقق العلاقة

$$U > U_{pp}$$

أي

$$U_{pp} < U_{nom.} \qquad U_{pp} < U_{min}$$



حيث توتر اقلاع الحالة

$$U_{pr} = \frac{U_{pp}}{n_{TT}}$$

حيث n_{TT} نسبة تحويل محولات التوتر
التي تغذي أجهزة الحماية بالتوتر المطلوب حمايته.

- حالات التوتر الأعظمي : تعمل عند زيادة التوتر عن القيمة التي تسبب اقلاع

$$U > U_{pp}$$

ولكي لا تعمل هذه الحالات في حالة التشغيل النظامية يجب أن تكون

$$U_{pp} > U_{max}$$

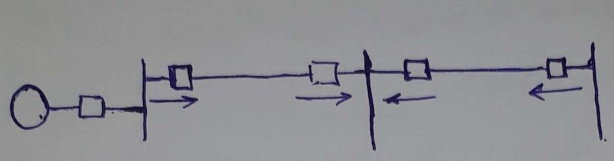
حيث U_{max} قيمة التوتر الأعظمي الذي يظهر في الشبكة في حالة العمل النظامية .

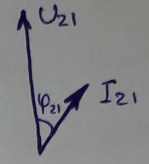
3 الحماية الاتجاهية :

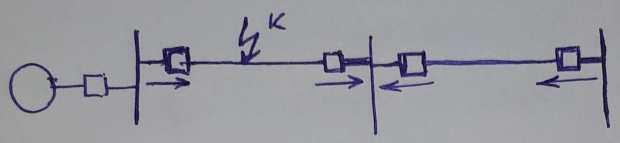
تعمل هذه الحماية عند ما يظهر اختلاف في فرق الصفحة بين التوتر والتيار عند النقطة المراد حمايتها

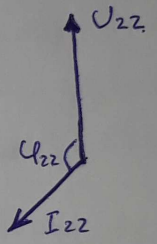
- يفترض في الشبكات الكهربائية اتجاه معين لجريان التيار في نقطة ما وفي لحظة ما عند لحظات التشغيل النظامية . نوضح هذه التيارات على شكل ينم عقدية وسيت آنية بجانب أسهم كما في الشكل .

عند حدوث عطل قصر في الدارة فإن التيار في نقطة (2) مثلا يغير اتجاه وتتغير فرق الصفحة بين التوتر والتيار بمقدار π



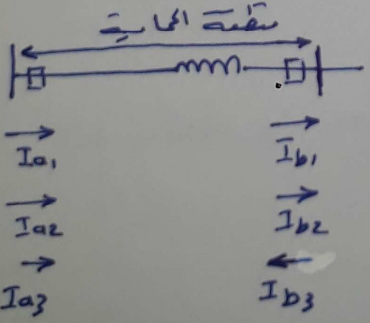






تستخدم هذه الخصيصة لتشغيل الحمايات الاتجاهية حيث أن اتجاه التيار يتغير عكس اتجاه عند حدوث العطل

4 الحماية التفاضلية : تعمل هذه الحماية على قطع أمر الفصل عند حدوث اختلاف بين تيارين التيار من طرفي المنطقة المحمية .



في حالة التشغيل النظامية

$\underline{I}_{a1} = \underline{I}_{b1}$

$\underline{I}_{a1} - \underline{I}_{b1} = 0$

عند عطل K_2 خارج منطقة الحماية

$\underline{I}_{a2} = \underline{I}_{b2}$

$\underline{I}_{a2} - \underline{I}_{b2} = 0$

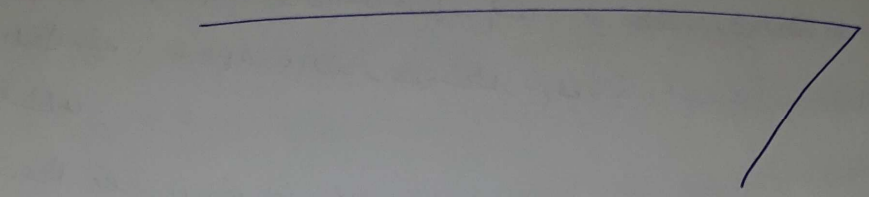
عند حدوث عطل داخل منطقة الحماية K_1

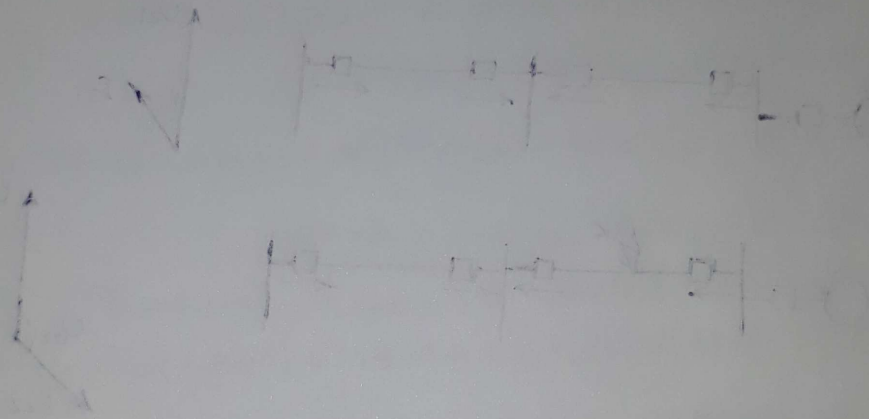
$I_{a3} \neq I_{b3}$

$I_{a3} - I_{b3} \neq 0$

6/1

- يمكن اعتبار سيارة اقلاع هذه الحافة عند مقدمة الجزء مقدمة السيارة الطائرة ما يجعل حافة ذات حساسية عالية وتعد حافة مركبة لذا تحتاج الى متحدين للسيارة على طرفي المقطة المحمية.





المحاضرة الثانية

5 الحماية المسافية : تعتمد على مبدأ قياس ممانعة الدارة الحمية . عند حدوث هذه الحالة عند العتبة المقررة على الحالة عندئذ تعمل الحماية على فصل الدارة المحمية

في حالة العمل بالنظامية تحسب ممانعة الدارة $\frac{U}{I}$ كبيرة . عند حدوث قصر يرتفع التيار I و ينخفض التوتر U و بالتالي تتناقص ممانعة الدارة $\frac{U}{I}$ الى قيمة أصغر بكثير من الممانعة عند العمل بالحالة النظامية عندئذ تعمل الحماية .

- تعد هذه الحماية مركبة لأنها تعتمد على كميتين كهربائيتين لكي تعمل .

6 الحماية بالمرشحات : Protection using filters

- عند حدوث أعطال غير متناظرة ، تظهر في الشبكة المركبات المتناظرة العكسية للتوترات والتيارات
- عند حدوث أعطال مع الأرض تظهر المركبات المتناظرة الصفرية
- يمكن باستخدام مرشحات خاصة استغلال هذه المركبات وقياسها
- ترتبط الحاكمات الى هذه المرشحات بحيث تؤمن حماية الشبكة من هذه الأنواع من الأعطال .

دراسة احصائية :

- 95 % من مجموع الأعطال التي تظهر في الشبكة الكهربائية هي أعطال غير متناظرة
- من هذه الأعطال 10% هي أعطال ثنائية بين طورين
- الباقي أعطال تطور دائما مع الأرض

- يمكن للمرشحات الصفرية أن تستعمل للحماية من الأعطال المصحوبة بتماس الأرض

7 الحماية الحرارية : تستعمل هذه الحمايات لحماية المولدات ، المحركات الكهربائية والأجهزة الكهربائية .

- يمثل هذا النوع عند زيادة الحرارة التي تصاحب ظهور الأعطال كالدارة أو زيادة الحمل .

6) أنظمة حماية محركات سوحلز الفائقة :

- تستعمل لحماية المولدات الكهربائية ذات خزانات البترول الاحتياطية
- تركب محركات الفائز على السطح الواصل بين حاوية المحول وخزان البترول الاحتياطي
- تعمل عند ظهور الفائز في حال ظهور أعطال داخل حاوية المحولة .

- مصطلحات علمية مستخدمة في تقانة أنظمة الكهربائية :

1- منحنى الإقلاع :

منحنى الكمية الفيزيائية للدارة التي ترافع الحماية التي تبدأ عندها الحماية بالعمل لتقلع تماسات

2- منحنى الرجوع :

منحنى الكمية الفيزيائية للدارة التي ترافع الحماية وتبدأ عندها الحماية بالعمل بالاتجاه المعاكس لتفتح تماسات وتعود الى حالة

3 - ثابت الرجوع : تمثل النسبة بين منحنى الرجوع ومنحنى الإقلاع
كلما كانت هذه النسبة قريبة من الواحد كلما كانت الحماية ذات جودة عالية .

4- المنحنى الثابت :

منحنى التوتر أو التيار التي تتحمل ملفات الحماية أو دارتها لفترة طويلة حيث أن الزمن دون أن تتأثر أو تتغير مواصفاتها .

5 - زمن التشغيل الفعلي :

الزمن لحظة تغير منحنى الكمية التي ترافع الحماية وحتى لحظة اغلاق تماسات الحماية أو فتح التماسات اذا كانت مغلقة في الحالة الطبيعية

6 - الاستطاعة الظاهرية :

- الاستطاعة التي ستستهلكها الحماية خلال فترة المراقبة والتشغيل
- للحماية الاستطاعة الظاهرية كلما انخفضت حساسية الحماية

7 - الوضعية الطبيعية لتماسات الحماية : تمثل هذه الوضعية الحالة التي تكون فيها تماسات الحماية عند حالة التشغيل الطبيعية قبل أن تتعرض لظهور تغيرات على الكمية التي ترافع الحماية ويمكن أن تكون التماسات مغلقة أو مفتوحة بالحالة الطبيعية وتعكس في حالة عمل الحماية

تصنيف الحاكمات المستخدمة في أنظمة الحماية الكهربائية:

1 استنادا الى طريقة ربط الحاكمات وطريقة في دارة الحماية

1- حاكمات أولية Prime relay : ترتبط الى الدارة الأساسية المطلوب حمايتها ومن منبع التيار الأولي

2- حاكمات ثانوية Seccondary relays : ترتبط الى الدارة الثانوية للأدوات حمايتها ومن منبع التيار الثانوي

3- حاكمات زمنية Time relays

4- حاكمات مساعدة Auxiliary Relays

5- حاكمات إشارة Signal Relays

تشغل الحاكمات 3- 4- 5 بشكل غير مباشر أي عن طريق حاكمات أخرى.

2 التصنيف استنادا إلى تأثيرها على القواطع الآلية

1- ذات تأثير مباشر على دارة تشغيل القاطع الآلي

2- ذات تأثير غير مباشر على دارة القاطع الآلي (عن طريق تجهيزات مساعدة)

3 التصنيف استنادا إلى طبيعة الكمية الفيزيائية التي تتحسس بها

1- حاكمات تيار
2- حاكمات توتر
3- حاكمات ممانعة
4- حاكمات تردد
5- حاكمات غاز
6- حاكمات حرارة

4 التصنيف استنادا الى مبدأ التشغيل وبنية الحاكمات

1- حاكمات كهرباء ميكانيكية (كهرومغناطيسية أو تحريضية - كهروديناميكية)

2- حاكمات سائلة أو الكترونية

3- حاكمات حرارية

4- حاكمات ذكية ذات معالجات صغرية Smart relays

شكل (1 - 5)

شكل (1 - 6)

شكل (1 - 7)

شكل (1 - 8)

شكل (1 - 9)

شكل (1 - 10)

شكل (1 - 11)

شكل (1 - 12)

شكل (1 - 13)

5) التصنيف استنادا الى خواص التشغيل :

مميزة خواص التشغيل للحاكمة الكهربائية : العلاقة بين زمن التشغيل t_a والكمية الفيزيائية التي تتابع الحاكمة :

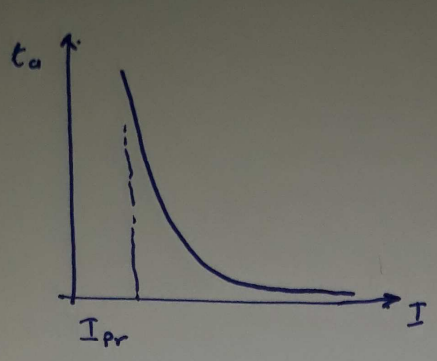
1- حاكمات ذات خواص مستقلة

2 - " - خواص غير مستقلة .

مثال حاكمات ذات مميزة تشغيل متدلية : (أي مميزة بجزء مختلفة وجزء منها مستقلة)

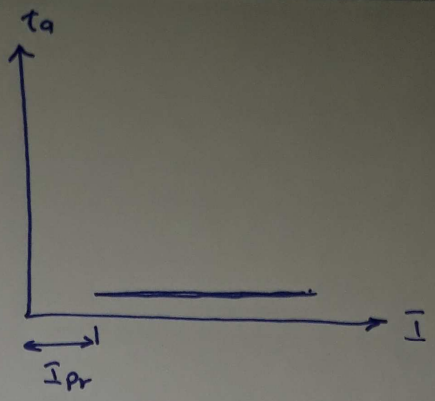
$$t_a = f(I)$$

5/2



a

منحني خواص لتشغيل غير مستقلة



b

منحني خواص لتشغيل مستقلة

تعرف منحني خواص التشغيل العكسية بالعلاقة $t_a = \frac{c}{I}$

تعرف خواص التشغيل العكسي الحدي $t_a = \frac{c}{I^2}$ أو $I^2 . t_a = c$

حيث يعبر الحد $I^2 t_a$ عن كمية التسخين للتجهيزات الكهربائية التي تقوم الحاكمة بحمايتها

- تم ايجاد حاكمات ذات خواص تشغيل غير مستقلة معرفة بالعلاقة

$$I^n . t_a = c$$

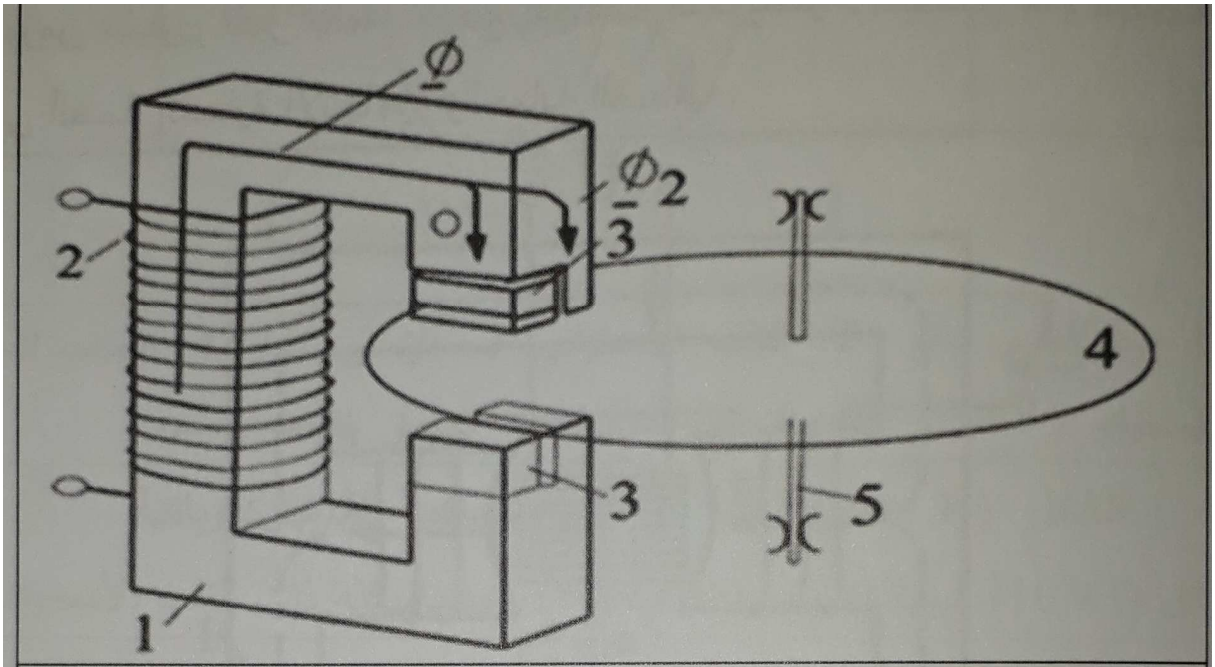
حيث n ناقذ حتى القيمة 8

ملاحظة: منحني خواص التشغيل المستقل هي حالة خاصة من العلاقة السابقة عندما $n = 0$

$$I^0 . t_a = c \Rightarrow$$

$$t_a = c$$

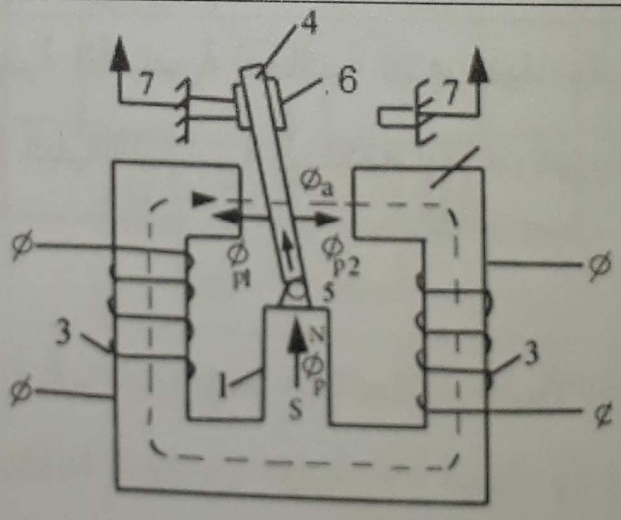
انتهى المحاضرة



1 – مغناطيس دائم 2 – قلب دوار أسطواني مغناطيسي 3 – ملف كهربائي متحرك 4 – اطار حامل للملف 5 – نابض من البرونز

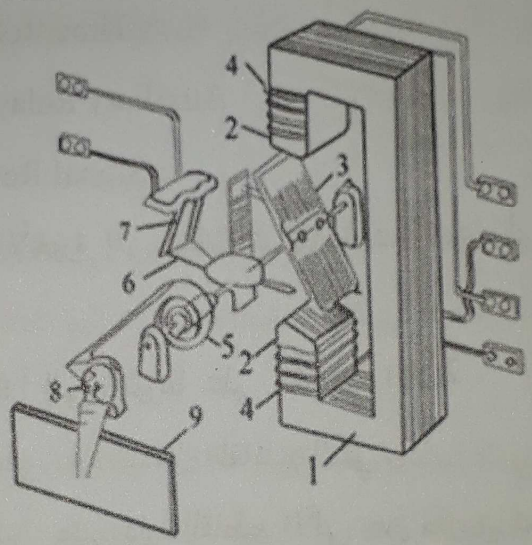
الشكل (1 – 6) الحاكمة التحريضية ذات القرص المتحرك

شكل (1 – 7) بنية حاكمة كهرومغناطيسية قطبية تعمل بالتيار



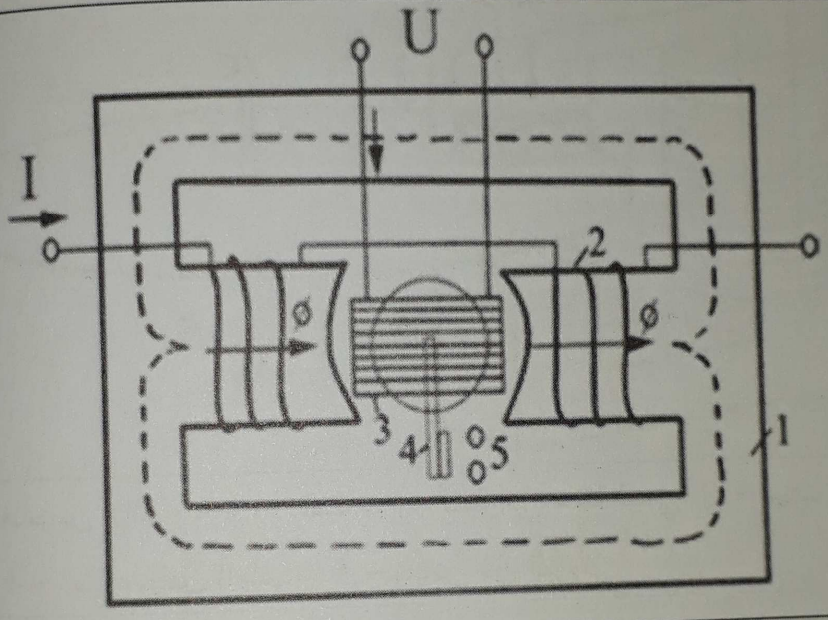
1 –مغناطيس دائم 2 – القطعة القطبية 3 – الملفات4 – الذراع المتحرك 5 – مفصل تمركز 6 – تماس متحرك 7 – تماس ثابت

الشكل (1 – 7) بنية حاكمة كهرومغناطيسية قطبية



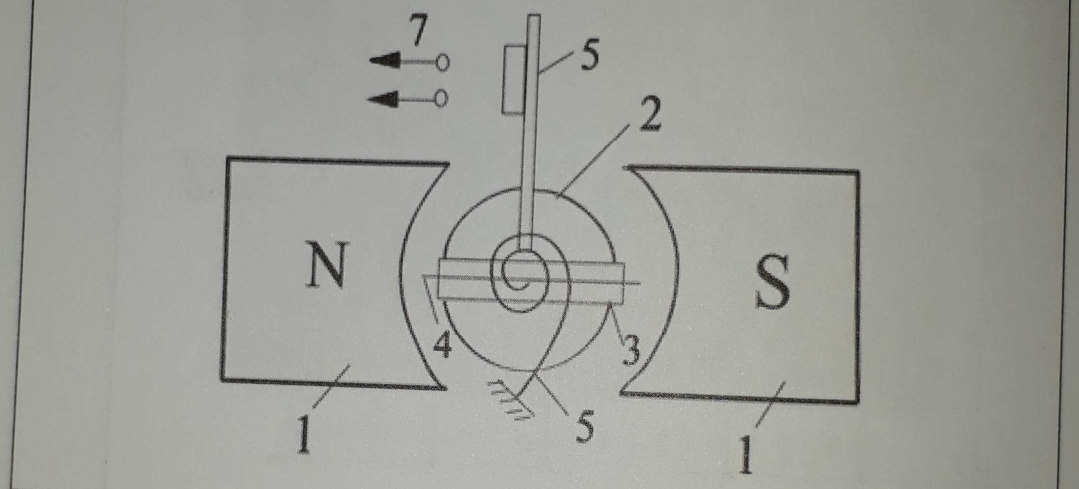
1 – مغناطيس دائم
2 – القطعة المغناطيسية القطبية
3 – الملفات الكهربائية
7 – التماس الثابت
4 – الذراع المغناطيسي المتحرك
5 – محور الحركة
6– التماس المتحرك

الشكل (1 – 5) الحاكمة الكهرومغناطيسية



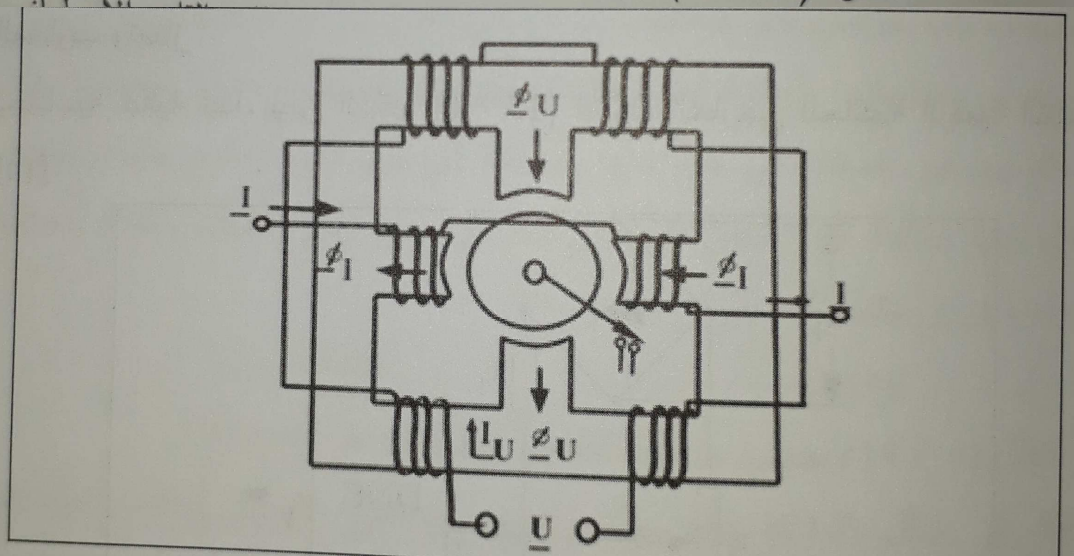
1 –الدارة المغناطيسة 2– الوشيعة الكهربائية 3– إطار دوار مع الملف الكهربائي 4– تماس متحرك 5 – مرابط تماس متحرك

الشكل (1 – 8) البنية الأساسية للحاكمة الكهروديناميكية ذات القلب الدوار

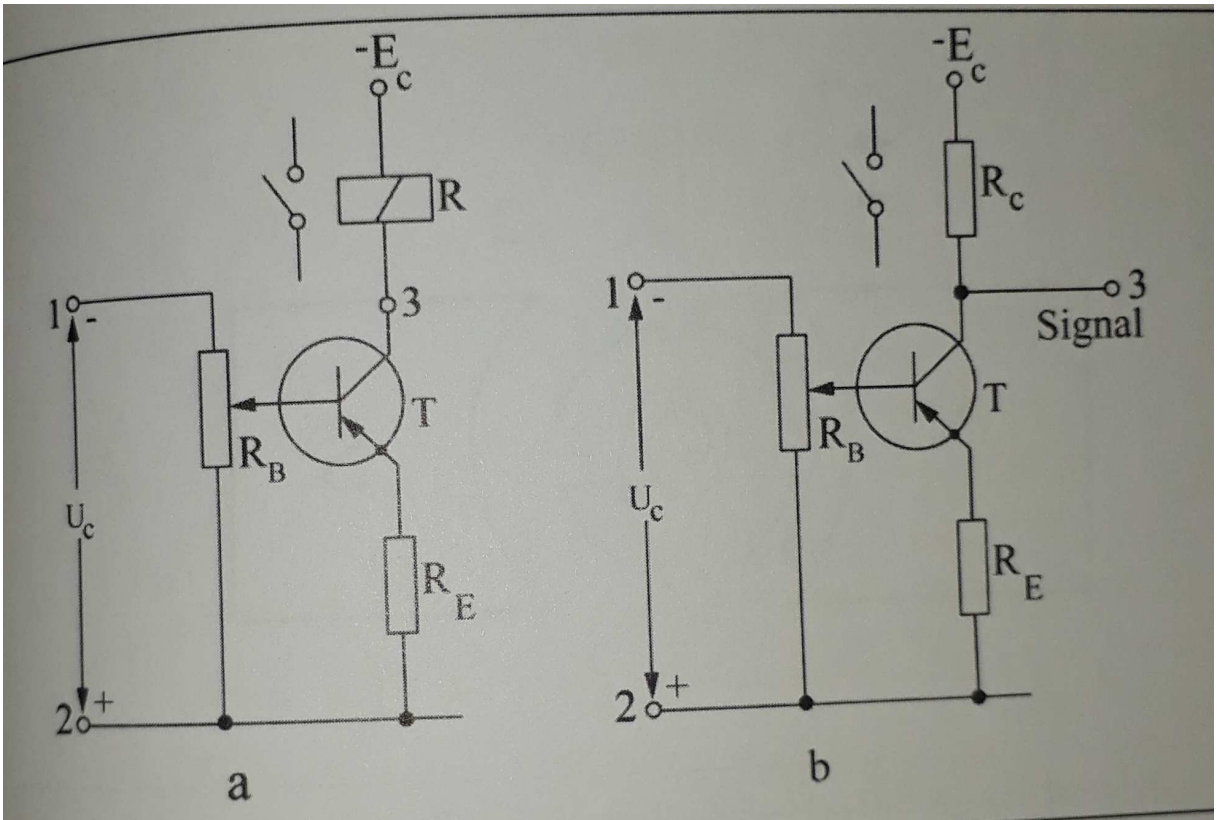


1 – مغناطيس دائم 2– القلب الأسطواني 3– الإطار الدوار 4 –الملف المتحرك المتحرك 5– النابض 6 – التماس المتحرك 7– التماس الثابت

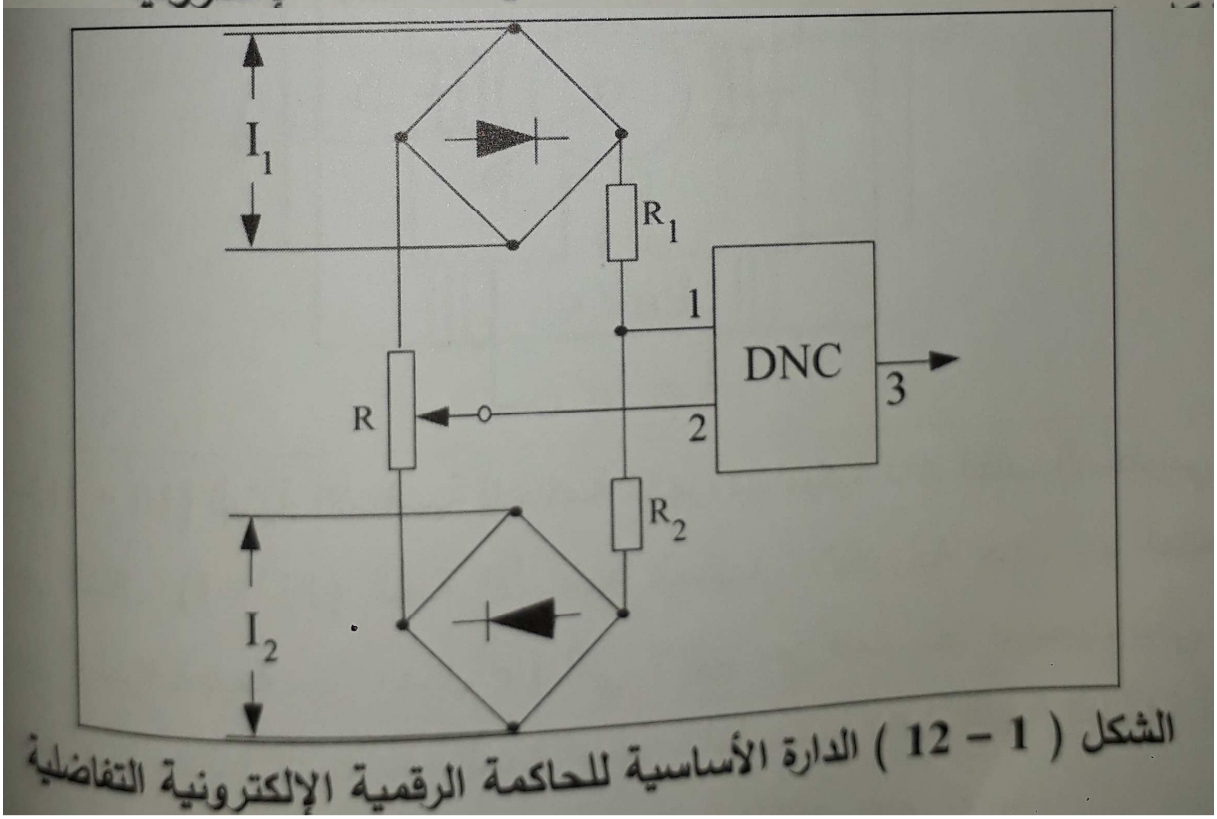
الشكل (1 – 9) البنية الأساسية للحاكمة الماغنوكهربائية



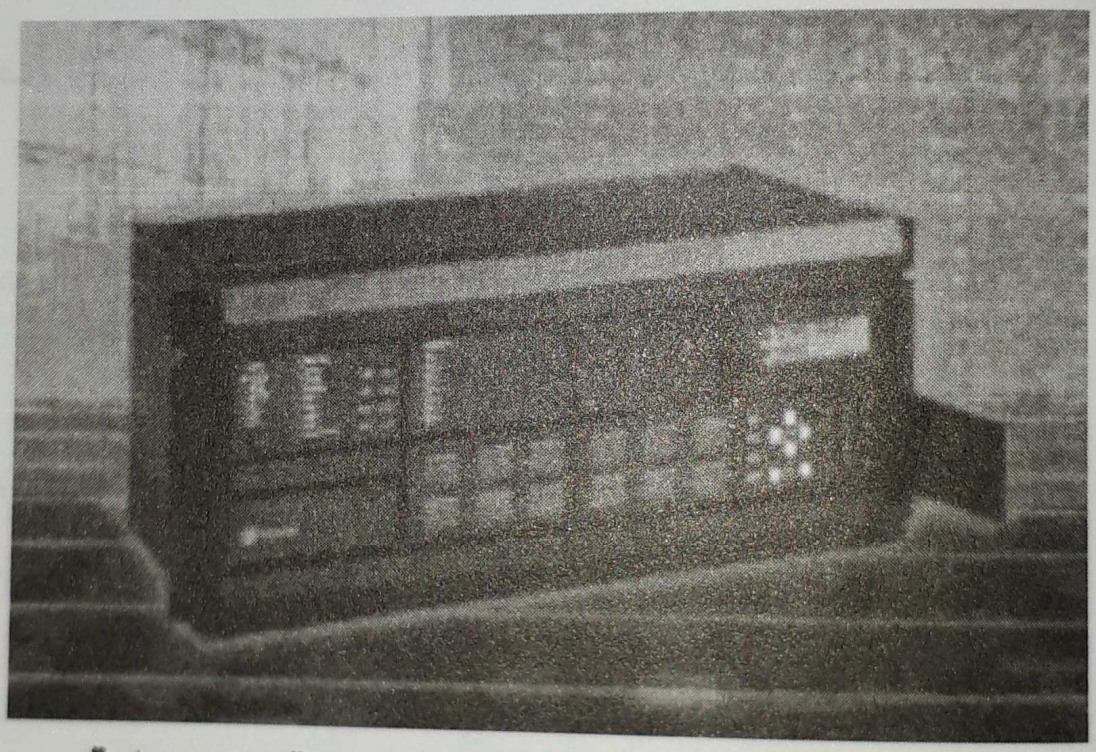
الشكل(1 – 10) البنية الأساسية للحاكمة الكهروديناميكية ذات القلب الأسطواني



الشكل (1 – 11) البنية الأساسية للحاكمة الإلكترونية



الشكل (1 – 12) الدارة الأساسية للحاكمة الرقمية الإلكترونية التفاضلية



الشكل (1 – 13) الحاكمة الرقمية التفاضلية