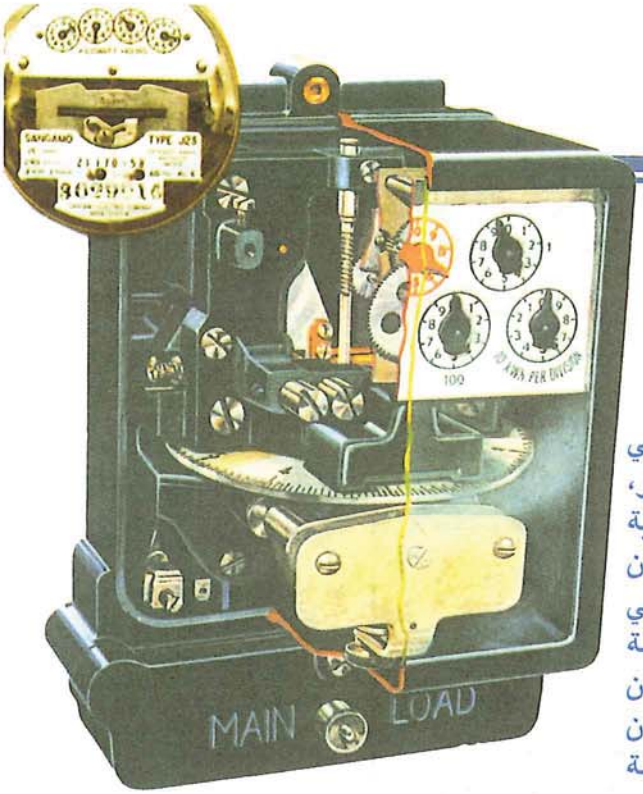


مقياس الطاقة الكهربائية الحثي

إعداد : د. ناصر بن عبدالله الرشيد

يستهلك الإنسان الكهرباء في منزله ومكتبه ومصنعه وفي شؤون حياته كلها، ولكن يختلف الإستهلاك من فرد إلى آخر، ونظراً لأن الإنسان يحصل على حاجته من الطاقة الكهربائية من الشركات العامة للكهرباء، التي قد توجد على مستوى المدن الكبيرة والصغيرة أو على مستوى الدولة، كما هو الحال في الشركة الوطنية الموحدة للكهرباء في المملكة العربية السعودية، ومع أن الكهرباء ليست مادة محسوسة يمكن قياس المستهلك منها بالمقاييس التقليدية مثل اللتر والجالون وغيرها، إلا أنه أمكن قياس الطاقة المستهلكة بدقة متناهية بوحدات يطلق عليها الوات ساعة (Watthour).

التيار الكهربي (Current) عبارة عن سيل من الأليكترونات يجري في مادة موصلة، وهو يشبه إلى حد كبير جريان الماء في إنبوب، فمن المعلوم أن جريان الماء يحتاج إلى وجود فرق في الضغط بين طرفي الإنبوب لكي يدفع الماء للحركة، وفي المقابل فإنه لكي تتحرك الأليكترونات فإنه يجب أن يكون هناك فرق في الجهد بين طرفي الموصل، وعادة تقوم البطاريات أو المولدات بإحداث هذا الفرق اللازم الذي يقابل دور المضخة في حالة الماء.

تتولى شركات الكهرباء تزويد المستهلكين بالطاقة الكهربية، وبالمقابل فإن هذه الشركات تستعيد بشكل ميسر تكاليف تلك الخدمة، حيث تستخدم شركات الكهرباء عدادات كهربائية لقياس ذلك بطريقة عادلة ومنصفة، وهي عبارة عن أجهزة تقيس إستهلاك العميل بالكيلووات ساعة بدقة متناهية.

تمكن المهندس الأمريكي **أوليفر شالينبرجر** في عام ١٨٨٨م من صنع أول عداد كهربائي ناجح يتعمد على مبدأ الحث الكهربائي ولذلك يطلق عليها العدادات الحثية، وفي عام ١٨٩٥م حصل على براءة إختراع بتصميمه لعداد وات/ساعة، والذي يعد أساساً لعمل كل عدادات الوات ساعة المستخدمة حتى هذا اليوم.

يصنع مقياس الطاقة الكهربائية الحثي (العداد) حسب مواصفات البلد، لكي يتناسب مع نوعية الأحمال (الأجهزة) الكهربائية ونظم توزيع الطاقة الكهربائية مثل التيار المستمر (DC)، والتيار المتناوب (AC) (٥٠ أو ٦٠ دورة)، والجهد المنخفض (أقل من ١٠٠٠ فولت) والجهد العالي، وكذلك يتناسب مع عدد الأطوار (أحادي، ثنائي، ثلاثي الطور).

ونظراً لوجود أحمال كهربائية ثلاثية الطور والتي بدورها تتوافق مع نظم توزيع الطاقة الكهربائية ثلاثية الطور فإنه يوجد لها مقياس خاص يماثل في تركيبه مقياس الطاقة أحادي الطور، ولكن قد يكون له قرص دوار واحد أو إثنان حسب نوعية التوصيل الداخلي للمقياس.

وفي حالة التيار و الجهد العالي فإنه يتم إستخدام محولات تعمل على تخفيض التيار والجهد بنسب محددة لكي يتناسب مع مواصفات مقياس الطاقة الكهربائية (العداد) التي تمت معايرته على أساسها، وللحد من كبر حجم المقياس وأسلاك التوصيل في الداخل.

وقد توالى تطوير مقاييس الطاقة الكهربائية حتى وصلت في وقتنا الحاضر إلى العدادات الرقمية، والتي تشتمل على مميزات كثيرة منها أنها تستطيع إعطاء تعريفات مختلفة للإستهلاك حسب الأوقات، وذلك للترشيد في إستخدام الطاقة، ففي وقت الذروة حيث يزيد الإستهلاك تزيد التعرفة عنها في الأوقات الإعتيادية. وذلك يشبه تماماً لما يحدث في حساب تكلفة المكالمات الهاتفية، وفي هذا العدد يسعدنا أن نتحدث عن مقاييس الطاقة الكهربائية الحثية ذات القرص الدوار.

مكونات المقياس

يتكون مقياس الطاقة الكهربائي من عدد من الأجزاء، توجد تلك الأجزاء داخل غلاف معدني ـ علبة ـ محكم لحمايتها من العوامل البيئية كالغبار والرطوبة، كما يختم العداد بختم من الرصاص لحمايته من الفتح والعبث بأجزائة الداخلية، ويصنع الغلاف من مادة من مادة غير قابلة للإشتعال ولا تتأثر بالرطوبة، وذات متانة مناسبة لوقاية الأجزاء الداخلية من الصدمات، ويطلى سطحه الخارجي ـ عادة ـ بطلاء مقاوم للتآكل الناشيء عن العوامل الجوية في ظروف التشغيل الإعتيادية، وإذا لم تكن العلبة شفافة فإنه يجب أن تحتوي على نافذة واحدة أو أكثر تغطى بشرائح شفافة محكمة الغلق ليتم قراءة مسجل المقياس، ولا يمكن نزع تلك الشرائح إلا بكسرها أو بنزع الأختام. ومن مكونات المقياس، شكل (١) ما يلي:

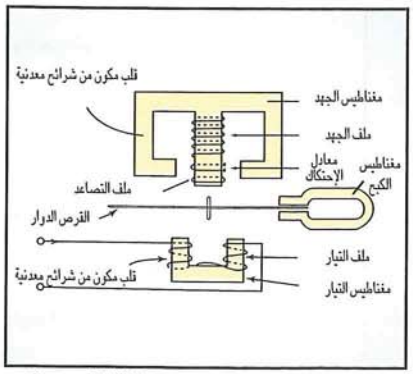
● ملف الجهد

يتكون ملف الجهد (Potential coil) من سلك رفيع معزول ملفوف على الفرع الأوسط من قلب معدني على شكل حرف (E) تقريباً.

يتم توصيل ملف الجهد بالتوازي مع خط التيار الذي يزود المستهلك بالطاقة الكهربائية، كما هو الحال في مقياس الجهد (Voltmeter).

● ملف التيار

يتكون ملف التيار (Potential coil) من سلك سميك معزول ملفوف على فرعي قلب



● شكل (١) مكونات مقياس الطاقة الكهربائي.

معدني مكون من شرائح على شكل حرف (U)، ويتصل على التوالي مع الأسلاك التي تحمل التيار إلى المستهلك، كما هو الحال في مقياس شدة التيار (Ammeter). لذا يجب أن يكون سميكاً لكي يسمح بمرور الطاقة المستهلكة من قبل المستهلك من خلاله دون أن ترتفع درجة حرارته.

● **مغناطيسات الكبح**

تتكون مغناطيسات الكبح (Breaking magnets) في مقاييس الطاقة الحثية من مغناطيسات كهربائية أحدها يقع فوق فجوة هوائية (Air gap) يتحرك فيها القرص الدوار والآخر أسفلها، مما يسمح للقرص أن يتحرك بينهما.

تعمل مغناطيسات الكبح على التحكم في سرعة دوران القرص بما يتناسب مع كمية الطاقة المستهلكة.

تصنع مغناطيسات الكبح من مادة ذات مغناطيسية عالية حتى لا تتأثر بالمجالات المغناطيسية الخارجية مثل المجالات المغناطيسية الشاردة، كما يجب أن لا يتأثر بإرتفاع وإنخفاض درجة حرارة الجو لكي لا يؤثر ذلك على دقة القياس.

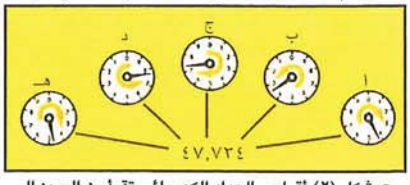
● **القرص**

القرص الدوار هو الجزء المتحرك في مقياس الطاقة، ويصنع القرص عادة من فلز خفيف الوزن وموصل جيد للكهرباء مثل الألمنيوم. يمر القرص في الفجوة الهوائية (Air gap) ، ويحمل بواسطة عمود دوار يتكون من جزأين أحدهما أسفل القرص ويتكون من قطعتين من العقيق الصلد بينهما قطعة من الفولاذ المصقول، ويتميز هذا المحور بكفاءته العالية للخدمة الشاقة مع أقل إحتكاك، والجزء الآخر فوق القرص ويتكون من جلبة لا تحتاج إلى تشحيم ومسمار فولاذي غير قابل للصدأ.

يبرز من محور القرص إلى الأعلى ذراع يحمل شقاً لولبياً (حلزوني) يعمل على نقل حركة القرص الدائرية إلى مجموعة التروس التي تسجل دورات القرص، فتظهر من نافذة العداد الأمامية أرقاماً تدل على كمية الطاقة المستهلكة بوحدة الكيلووات ساعة.

● **المسجل**

يوجد المسجل إما على شكل ساعات، شكل (٢)، أو بكرات (سيكلومتر) تحمل كل منها الأرقام من صفر إلى تسعة (٠ -٩)، وهو



● شكل (٢) أقراص العداد الكهربائي تقرأ من اليمين إلى اليسار بوحدات من الآحاد إلى العشرات إلى المئات إلى الآلاف إلى عشرات الآلاف يدور مؤشر العداد (أ) دورة كاملة لتحرك مؤشر العداد (ب) وحدة واحدة وهكذا .

مكون من خمس خانات وخانة عشرية مميزة بدائرة حمراء . تشاهد تلك الأرقام من خلال نافذة زجاجية. وتشير إلى مقدار الطاقة المستهلكة بالكيلووات ساعة، وقد صمم هذا المسجل بحيث يمكن رفعه وإعادته ثانية دون الحاجة إلى إعادة ضبط التعشيق بين تروس المسجل وتروس العمود الدوار، و تتمثل مهمته في تسجيل دورات القرص.

مبدأ عمل المقياس

عند تشغيل الأجهزة الكهربائية لدى المستهلك يبدأ التيار في السريان في ملف التيار، فينتج عن ذلك فيض مغناطيسي يتفاعل مع الفيض المغناطيسي الناتج عن مرور التيار(جزء بسيط من التيار) في ملف الجهد،فينتج عن ذلك عزم مغناطيسي يعمل على تحريك القرص بإتجاه عكس عقارب الساعة، بحيث تتناسب حركة القرص مع كمية الطاقة في الأحمال الكهربائية.

حساب الإستهلاك

يتم حساب الإستهلاك على أساس كمية الطاقة المستخدمة، وليس على عدد الأليكترونات التي يتكون منها التيار الكهربي. فعلى سبيل المثال لا تحتوي فتيلة المصباح الكهربائي على أليكترونات حينما تكون مضاءة أكثر منها حينما تكون مطفأة.

تحسب كمية الطاقة المستهلكة بوحدة الشمعة (Watt)، وهي عبارة عن حاصل ضرب شدة التيار (أمبير) والجهد الكهربي(فولت). ولذلك فإن المصباح الكهربي الذي يحتاج إلى تياراً كهربياً شدته ٠,٢٥ أمبير وجهداً مقداره ٢٤٠ فولت فإنه يُعْطى قيمة إستهلاكية مقدراها ٦٠ شمعة .

أما كيفية حساب تكلفة الطاقة المستهلكة، فهي عبارة عن حاصل ضرب كمية الطاقة المستهلكة بالكيلو وات ساعة في سعر الكيلو وات. وأبسط طريقة لحساب التكلفة هو إستخدام أحد المعادلات الرياضية الثلاث التالية:

التكلفة= الطاقة بالكيلو وات × الزمن بالساعات × في سعر الوحدة

أو التكلفة = الطاقة بالوات/ ١٠٠٠ × الزمن بالساعات × سعر الوحدة

أو التكلفة = شدة التيار × الجهد/١٠٠٠× الزمن بالساعات × سعر الوحدة

فحص وإختبار المقياس

يمكن فحص وإختبار المقياس بعدة طرق ، منها:

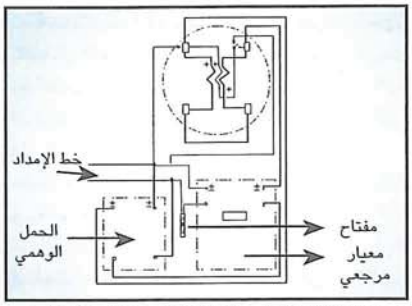
● **ساعة التوقيت**

تستخدم هذه الطريقة في حالة معرفة كمية الطاقة (بالوات) المستخدمة في العداد فإن ساعة الإيقاف يمكن أن تستخدم لمعرفة الوقت الذي يأخذه القرص الدوار في المقياس لإكمال عدد محدد من الدورات، وبالتالي الحصول على كمية الطاقة التي سجلها المقياس.إلا أنه لسوء الحظ فإن هذه الطريقة تتأثر بأي تغير ـ ولو كان خفيفاً ـ في الجهد أو التيار، مما يؤثر على نتائج الفحص.

● **المقارنة**

تستخدم طريقة المقارنة لتلافي أثر التغير في الجهد والتيار على دقة الفحص والإختبار، و تعد من أبسط الطرق لإختبار مقياس الطاقة الكهربائية، شكل (٣).

وفي هذه الطريقة تتم مقارنة المقياس



● شكل (٣) مقياس الطاقة الكهربائي المعياري .

المراد فحصه وإختباره مع مقياس آخر يتمتع بدقة عالية، يطلق عليه عادة إسم مرجع معياري أو قياسي (Reference standard)، وفي هذه الطريقة تستخدم نفس الكمية من الطاقة في كلا المقياسين ،ولفترة متساوية، ومن ثم مقارنة عدد الدورات في المقياس المراد إختباره مع عدد الدورات في المقياس المعياري.

لإستخدام نفس الكمية من الطاقة سواءً لإختبار مقياس وحيد الطور (Single-phase meter) أو واحد من العدادات الأكثر تعقيداً متعددة الأطوار (Polyphase meters) فإنه يجب عمل ما يلي:

أولاً: توصيل ملف الجهد في المقياس المراد فحصه والعداد المعياري بشكل متواز مع جهد الخط (Line voltage).

ثانياً: توصيل مصدر التيار على التوالي مع ملف التيار،وكذلك مع ملف التيار المناسب في العداد المعياري.

ونتيجة لإستخدام نفس الجهد ونفس التيار في كلا المقياسين فإن كلاً منهما سيستخدم نفس الكمية من الطاقة، ولذلك فإن أي تغيرات في الجهد أو التيار أثناء الفحص سيكون له نفس الأثر على كل منهما، وبالتالي فإنه ليس من الضروري المحافظة على قيم الجهد والتيار أثناء فترة الإختبار.