فصل چهارم

محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشینهای صنایع چوب

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:
۱ ــ توان الکتریکی وسایل برقی، به‌ویژه دستگاههای عمومی صنایع چوب را انجام دهد؛
۲ ــ کار الکتریکی دستگاههای صنعتی را محاسبه نماید؛
۳ ــ بهای برق مصرفی دستگاهها و وسایل برقی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

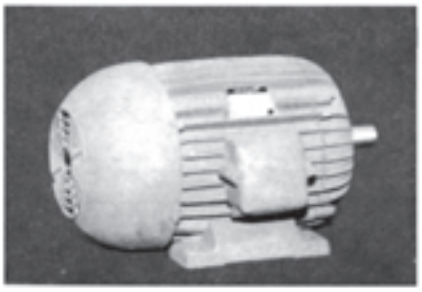
۴ ــ محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشینهای عمومی صنایع چوب

۱ ــ ۴ ــ الکتروموتور

امروزه برای به‌حرکت درآوردن ماشینهای صنعتی از الکتروموتورها استفاده می‌شود. الکتروموتورها دستگاههایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند (شکل ۱ ــ ۴).

الکتروموتورها در نوعها و اندازه‌های مختلف با قدرتهای متفاوت وجود دارند که توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشینهای صنعتی به‌قدرت و نوع آنها بستگی دارد.

هر الکتروموتور دارای مشخصاتی است که بر روی آن، این مشخصات درج شده است. برای مثال در شکل (۲ ــ ۴) مشخصات درج شده یک الکتروموتور را می‌بینید که مشخصات عبارتند از: نام الکتروموتور، نوع آن، توانایی کار کردن به صورت دائم، شماره ساخت، ولت، آمپر، توان، ضریب توان، تعداد دور و غیره.



شکل ۱ ــ ۴ ــ الکتروموتور

شکل ۲ ــ ۴ ــ پلاک روی الکتروموتور

۲ ــ ۴ ــ توان الکتریکی

توان الکتریکی وسایل برقی به‌اختلاف سطح و شدت جریان آنها بستگی دارد و این گونه

محاسبه می‌گردد.
روابط:

$$P = u.I \quad و \quad u = I.R$$

$$P = I^2.R \quad \text{یا} \quad P = \frac{u^2}{R}$$

علایم اختصاری:
P: توان برحسب وات
u: اختلاف سطح برحسب ولت
I: شدت جریان برحسب آمپر
R: مقاومت برحسب اهم

رابطه‌های ذکر برای محاسبهٔ توان در جریان مستقیم و در جریان متناوب بدون بار القایی معتبر است. توان الکتروموتورها و وسایل برقی که دارای بار القایی هستند و با جریان تک‌فاز کار می‌کنند از این رابطه استفاده می‌شود:

$$P = u.I.\cos\varphi$$

$\cos\varphi$: ضریب توان

امّا الکتروموتورهایی که از جریان سه‌فاز استفاده می‌کنند رابطهٔ توان الکتریکی آنها عبارت است از:

$$P = \sqrt{3}.u_L.I_L.\cos\varphi$$

مسأله نمونه ۱: برای آن‌که بتوانیم سریشم را در حرارت ۶۰ الی ۷۰ درجه نگهداری کنیم از یک ظرف سریشم الکتریکی ۲۲۰ ولتی استفاده می‌کنیم. اگر شدت جریان ۱/۵ آمپر باشد توان مصرفی دستگاه چقدر است؟

$P = U.I$

$P = ۲۲۰ \times ۱/۵ = ۳۳۰ W$

مسأله نمونه ۲: در یک دستگاه اره برقی که با برق ۲۲۰ ولت کار می‌کند اگر شدت جریان ۶ آمپر و ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸$ باشد توان مصرفی دستگاه چند وات است؟

$P = u.I.\cos\varphi$

$P = ۲۲۰ \times ۶ \times ۰/۸ = ۱۰۵۶ W$

توجه: در اکثر موارد توان مصرفی الکتروموتورها با قوه اسب (P_s) بیان می‌گردد که

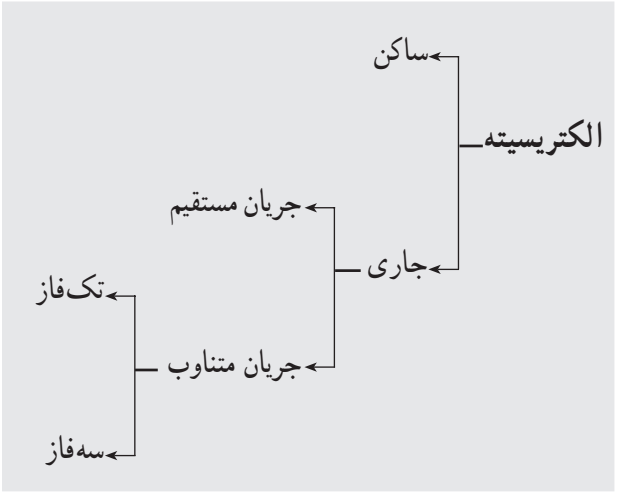
جلسه بیست و دوم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و دوم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	توضیحات مختصری در مورد الکتریسیته و انواع آن	۳۰
۳	کمیت‌های الکتریکی (اختلاف پتانسیل، شدت جریان و مقاومت الکتریکی)	۲۵
۴	روابط بین کمیت‌های الکتریکی (قانون اهم) و حل مثال‌های نمونه	۳۰

۴ــ محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین‌های صنایع چوب

مقدماتی در رابطه با الکتریسیته

بطور کلی می‌توان الکتریسیته را به‌صورت زیر تقسیم‌بندی نمود.



الکتریسیته ساکن

بطور طبیعی در هر اتم تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها مساوی است. می‌دانیم که الکترون‌ها دارای بار منفی و پروتون‌ها دارای بار مثبت می‌باشند. بنابراین بارهای مساوی و مخالف مثبت و منفی همدیگر را خنثی می‌کنند و اتم را از نظر الکتریکی خنثی نگه می‌دارند.

تعداد پروتون‌های داخل هسته یک اتم قابل تغییر نیست و درواقع خصوصیات اتم وابسته به تعداد پروتون‌هاست. اما تعداد الکترون‌ها ممکن است تغییر کند.

اگر در اتمی تعداد الکترون‌ها کمتر از پروتون‌ها، باشد اتم بار مثبت دارد و یون مثبت ایجاد می‌کند. چنان‌چه تعداد الکترون‌های اتمی بیش‌تر از پروتون‌هایش، باشد اتم بار منفی دارد و یون منفی ایجاد می‌کند. اگر اتم‌های یک جسم خنثی الکترون‌های خود را از دست دهد، یا الکترون زیادی بگیرند، آن جسم باردار خواهد شد. باردار شدن اجسام به طریق زیر امکان‌پذیر است.

۱ــ اصطکاک (مالش)

۲ــ تماس (هدایت)

۳ــ القاء

۱ــ باردار شدن اجسام از طریق اصطکاک (مالش): اگر یک میله شیشه‌ای را به یک تکه ابریشم مالش دهیم، میله شیشه‌ای به ابریشم الکترون خواهد داد و درنتیجه میله به‌طور مثبت و ابریشم به‌طور منفی باردار خواهند شد. اگر یک میله کائوچویی را به یک تکه پشم مالش دهیم، میله کائوچویی از پارچه ابریشمی الکترون می‌گیرد و در نتیجه میله کائوچویی بطور منفی و پارچه ابریشمی به‌طور مثبت باردار می‌شود. به این روش، باردار کردن از طریق اصطکاک (مالش) می‌گویند.

۲ــ باردار کردن اجسام از طریق تماس: با استفاده از یک میله کائوچویی باردار می‌توان جسم دیگری مانند مس را فقط با تماس این دو با یکدیگر باردار کرد. بدین‌ترتیب که بار منفی میله کائوچویی سعی دارد که الکترون‌های سطح میله مسی خنثی را دفع کند. الکترون‌های سطح میله کائوچویی به سطح میله مسی وارد می‌شوند به آن‌بار منفی می‌دهند.

اگر از یک میله شیشه‌ای با بار مثبت به‌جای میله کائوچویی

که بار منفی دارد استفاده شود الکترون‌ها از سطح میله مسی جذب میله شیشه‌ای می‌شوند و آن را به‌طور مثبت باردار می‌کنند. به این روش باردار کردن از طریق برخورد یا تماس می‌گویند.

۳ــ باردار کردن از طریق القاء: چون الکترون‌ها و پروتون‌ها نیروهای جاذبه و دافعه دارند جسم را می‌توان بدون تماس دادن به جسم باردار، باردار کرد. اگر یک میله کائوچویی باردار منفی را به یک میله آلومینیومی خیلی نزدیک کنیم، نیروی منفی میله کائوچویی الکترون‌های میله آلومینیومی را دفع می‌کند و به سر دیگرش می‌راند. درنتیجه یک سر میله آلومینیومی منفی و سر دیگر آن مثبت می‌شود. حال اگر میله کائوچویی را کنار بکشیم، الکترون‌های میله آلومینیومی دوباره تغییر آرایش می‌دهند، تا میله به حالت خنثی درآید. حال اگر بخواهیم میله آلومینیومی باردار باقی بماند، دوباره میله کائوچویی را به میله آلومینیومی نزدیک می‌کنیم و انتهای منفی را با انگشت لمس می‌کنیم. الکترون‌ها از طریق بدن، میله آلومینیومی را ترک می‌کنند (بارها بسیار کم بوده و عبور آن‌ها از بدن نامحسوس است) اگر قبل از کنار کشیدن میله کائوچویی انگشتان را کنار بکشید، میله آلومینیومی باردار باقی خواهد ماند. به این روش باردار کردن از طریق القاء می‌گویند.

خطرات الکتریسیته ساکن و چگونگی خنثی کردن آن: برقی که بین دو توده ابر باردار (از انواع مخالف) یا بین یک توده ابر و زمین می‌جهد، به اصطلاح علمی تخلیه الکتریکی نامیده می‌شود، این تخلیه الکتریکی (صاعقه) ممکن است به ساختمان‌های بلند آسیب رساند. برای جلوگیری از آسیب، برقگیر به‌کار می‌رود. برقگیر میله آهنی نوک تیز بلندی است که بالای ساختمان نصب می‌شود و قسمت انتهایی آن به زمین متصل می‌گردد. هنگامی که یک توده ابر با بار الکتریکی مثلاً منفی از بالای برقگیر می‌گذرد در نوک آن الکتریسیته مثبت و در پایین آن الکتریسیته منفی القاء می‌شود. الکتریسیته منفی (یعنی الکترون‌ها) به زمین منتقل می‌شوند و الکتریسیته مثبت با مقداری از الکتریسیته منفی ابر خنثی می‌شود. درنتیجه از شدت تراکم بار الکتریکی در ابر کاسته می‌شود و احتمال تخلیه الکتریکی به‌صورت صاعقه بین ابر و برقگیر کاهش می‌یابد.

ــ در بیمارستان‌ها برای بیهوش کردن مریض از ماده‌ای به نام اتر استفاده می‌شود. اتر ماده ایست فرار و بخار آن در فضای اتاق پخش می‌شود. اگر چرخ‌های تخت حامل بیمار لاستیکی باشد، بر اثر مالش این چرخ‌ها با پتو یا روکش مریض ممکن است در آن‌ها الکتریسیته ساکن تولید شده و جرقه بزند. همین جرقه باعث انفجار و خطر جانی خواهد شد. امروزه برای جلوگیری از این خطر احتمالی بدنه فلزی تخت حامل مریض زنجیر فلزی کوتاهی آویزان می‌کنند که با سطح زمین تماس دارد. درنتیجه بارهای الکتریکی تولید شده از راه این زنجیر به زمین منتقل می‌شود و از تولید جرقه و پیشامد ناگوار جلوگیری می‌شود.

ــ در بعضی از دستگاه‌های صنعتی برای به‌حرکت درآوردن بار (انتقال قدرت) از تسمه لاستیکی استفاده می‌شود و برای از بین بردن الکتریسیته ساکن تولید شده معمولاً بدنه دستگاه‌ها را به زمین وصل می‌کنند.

کاربرد الکتریسیته ساکن: الکتریسیته ساکن کاربردهای فراوانی دارد :

۱ــ الکتریسیته ساکن در ماشین‌های چاپ الکترواستاتیکی: (زیراکس و ...) نقش اصلی را بازی می‌کند و سبب می‌شود که ذرات پودر مرکب در نقاط معینی روی کاغذ سفید جذب شوند.

۲ــ دستگاه غبارگیر الکترو استاتیکی: در این دستگاه به‌کمک، الکتریسیته ساکن ذرات پراکنده در فضا را جذب می‌کنند و بدین‌ترتیب هوا تبخیر می‌شود. چنان‌چه هوای آلوده از میان یک میدان الکتریکی قوی عبور کند و ذرات غبار موجود در آن در اثر برخورد و تماس با صفحات منفی دارای بار منفی می‌شوند و وقتی این ذرات باردار از میان میدان الکتریکی دیگری عبور داده می‌شوند، ذرات غبار که بار منفی گرفته‌اند جذب صفحه مثبت می‌شوند و هوای تمیز از دستگاه خارج می‌شود.

۳ــ دستگاه رنگ‌پاش الکترواستاتیکی: رنگ‌آمیزی کاملاً یکنواخت سطح بعضی اجسام، بسیار مشکل است. استفاده الکتریسیته ساکن این مشکل را حل کرده است. جسمی که قرار است رنگ شود به پتانسیل قسمت بالایی وصل می‌کنند و ذرات رنگ در دستگاه بار منفی می‌گیرد. سپس این ذرات به‌وسیله رنگ‌پاش به جسم پاشیده می‌شوند و به‌طور کاملاً یکنواخت سطح آن را می‌پوشانند.

الکتریسیته جاری

الکتریسیته ساکن در صنعت و زندگی روزمره کاربرد زیادی ندارد، برای اینکه بتوانیم از انرژی الکتریکی برای انجام کار استفادنماییم، الکتریسیته باید جاری باشد و این عمل وقتی صورت می‌گیرد که الکترون‌های آزاد در جهت معینی به‌حرکت درآیند.

هنگامی که تعداد زیادی الکترون‌های آزاد در یک سیم در یک جهت حرکت کنند می‌گوییم جریان الکتریکی از سیم عبور می‌کند.

هر الکترونی مقدار معینی انرژی دارد که می‌تواند اثرات خاصی را به‌وجود آورد. در حالت عادی الکترون‌ها در جهات مختلف حرکت می‌کنند و درنتیجه اثرات یکدیگر را خنثی می‌کنند. ولی هنگامی که این الکترون‌ها در جهت معینی حرکت کنند جریان الکتریکی از مدار عبور می‌کند. بنابراین اثر الکترون‌ها با یکدیگر جمع می‌شود و انرژی آزاد شده می‌تواند کار انجام دهد. هم‌چنین هرچه تعداد الکترون‌های آزاد که در یک جهت حرکت می‌کنند بیش‌تر باشد شدت جریان بیش‌تر است و مقدار انرژی بیش‌تری برای انجام کار خواهیم داشت.

برای این‌که جریان الکتریکی تولید شود، الکترون‌های آزاد در سیم مسی، به‌عوض اینکه بدون ترتیب حرکت کنند باید همه در یک جهت حرکت کنند. این عمل را می‌توان با قرار دادن بارهای الکتریکی در ابتدا و انتهای سیم مسی انجام داد، بدین‌ترتیب که، یک بار منفی در یک سر، و بار مثبت در سر دیگر قرار گیرد.

الکترون‌های آزاد به وسیله بارهای منفی دفع و بوسیله بارهای مثبت جذب شده‌اند و درنتیجه مدارات آن‌ها عوض شده و به طرف بارهای مثبت جذب شده‌اند. چون بار الکتریکی الکترون‌ها منفی است پس به‌وسیله بارهای منفی اعمالی دفع و به‌وسیله بارهای مثبت اعمالی جذب می‌شوند. به‌همین علت نمی‌توانند به مداری تغییر مکان دهند که باعث حرکت آن‌ها در خلاف جهت نیروی بارهای الکتریکی شود. درعوض مدارهایشان را چنان تغییر می‌دهند که حرکتشان در جهت بار مثبت باشد. بدین لحاظ جریان الکتریکی در جهت بار منفی به طرف بار مثبت برقرار می‌شود. قبل از کشف حرکت الکترون‌ها (که منشأ جریان الکتریکی است) چنین درنظر گرفته می‌شود که جریان از پتانسیل بیش‌تر (مثبت) به طرف پتانسیل کم‌تر (منفی) برقرار می‌شود. پس جهت جریان انرژی الکتریکی را نیز از قطب مثبت به طرف قطب منفی درنظر می‌گرفتند. اکنون ما با این‌که می‌دانیم حرکت الکترون‌ها از قطب منفی به طرف مثبت است، اما طبق همان قرارداد قدیمی، در خارج از منبع جهت جریان را از قطب مثبت به طرف قطب منفی درنظر می‌گیریم.

منابع ولتاژی وجود دارند که جریانی را در یک مدار برقرار می‌کنند. معمول‌ترین و مناسب‌ترین منابع ولتاژ، باتری و ژنراتور هستند که معمولاً باتری‌ها جریان مستقیم و ژنراتورها جریان متناوب تولید می‌کنند.

● **تعریف جریان مستقیم DC:** جریان مستقیم جریانی است که جهت آن ثابت است و بستگی به زمان ندارد و دامنه‌ی آن نیز ثابت می‌باشد.

● **تعریف جریان متناوب AC:** جریان متناوب جریانی است که جهت آن طی زمان تغییر می‌کند و دامنه‌ی آن نیز نسبت به زمان، از صفر تا حداکثر مثبت و از حداکثر مثبت تا صفر و از صفر تا حداکثر منفی و از حداکثر منفی تا صفر تغییر می‌کند.

همان‌طور که اشاره شد، ولتاژ تولید شده توسط یک باتری، ولتاژ مستقیم است که باعث عبور جریان مستقیم می‌شود. به این ترتیب، جریان همیشه در یک جهت جاری است، بنابراین جریان مستقیم یک جهتی است جریان متناوب دو جهتی است، یعنی الکترون‌ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت دیگر ــ مخالف جهت قبل ــ جاری می‌شوند. اگر بتوانیم قطب‌های یک باتری را در یک زمان معینی به‌طور دائم تغییر دهیم، جریانی دو جهت و درنتیجه جریانی متناوب خواهیم داشت.

کمیت‌های الکتریکی

برای برقراری جریان الکتریکی دریک مدار دو شرط لازم است :

الف ــ اختلاف بار الکتریکی منبع برای به‌حرکت درآوردن الکترون‌های آزاد

ب ــ وجود یک مدار بسته

بار الکتریکی را که جسم دریافت می‌کند، پتانسیل الکتریکی می‌نامند، زیرا الکترون‌هایی که جابه‌جا شده‌اند مقداری انرژی دارند که برای حرکت دادن الکترون‌های دیگر به‌کار می‌رود.

چون دو بار الکتریکی متفاوت برای ایجاد یک مدار کامل لازم است، این اختلاف پتانسیل بین دو بار الکتریکی است که نیروی الکتریکی تولید می‌کند و نه مقدار بارها.

اختلاف پتانسیل (ولتاژ) U: هنگامی که دو منبع بار الکتریکی اختلاف پتانسیل داشته باشد، نیروی الکتریکی‌ای که بین دو بار به‌وجود می‌آید ولتاژ نام دارد واحد آن ولت V است. اگر یک منبع ولتاژ کاری معادل یک ژول برای جابه‌جایی یک کولن بار (الکترون $۶/۲۸\times ۱۰^{۱۸}$ = کولن) انجام دهد، منبع ولتاژی برابر یک ولت دارد.

بعضی از ولتاژهایی که معمولاً با آن‌ها سر و کار خواهید داشت : ۱/۵ ولت برای یک باتری چراغ قوه، ۱۲ ولت برای باتری اتومبیل‌ها، ۲۲۰ ولت برای وسایل خانگی، ۳۸۰ ولت برای مصارف صنعتی.

در واقع ولتاژها از چند میکروولت (هزارم ولت) تا چند مگاولت (میلیون ولت) موجود هستند.

شدت جریان I: تعداد الکترون‌هایی که از یک نقطه مدار می‌گذرند، مقدار جریان عبوری از مدار را تعیین می‌کنند. اگر از یک نقطه سیم در یک ثانیه ۱ کولن الکتریسیته ($۶/۲۸\times ۱۰^{۱۸}$ الکترون) در جهت مشخص بگذرد می‌گوییم شدت جریان عبوری یک آمپر است و بنابراین تعریف، رابطه شدت جریان را می‌توان به صورت $I=\frac{q}{t}$ که در آن q مقدار الکتریسیته برحسب کولن، tزمان برحسب ثانیه و I شدت جریان برحسب آمپر (A) است. نام این واحد یعنی آمپر از نام یک فیزیکدان ایتالیایی قرن هجدهم به نام آندره ماری آمپر گرفته شده است. آمپر نیز دارای اجزاء و اضعاف است.

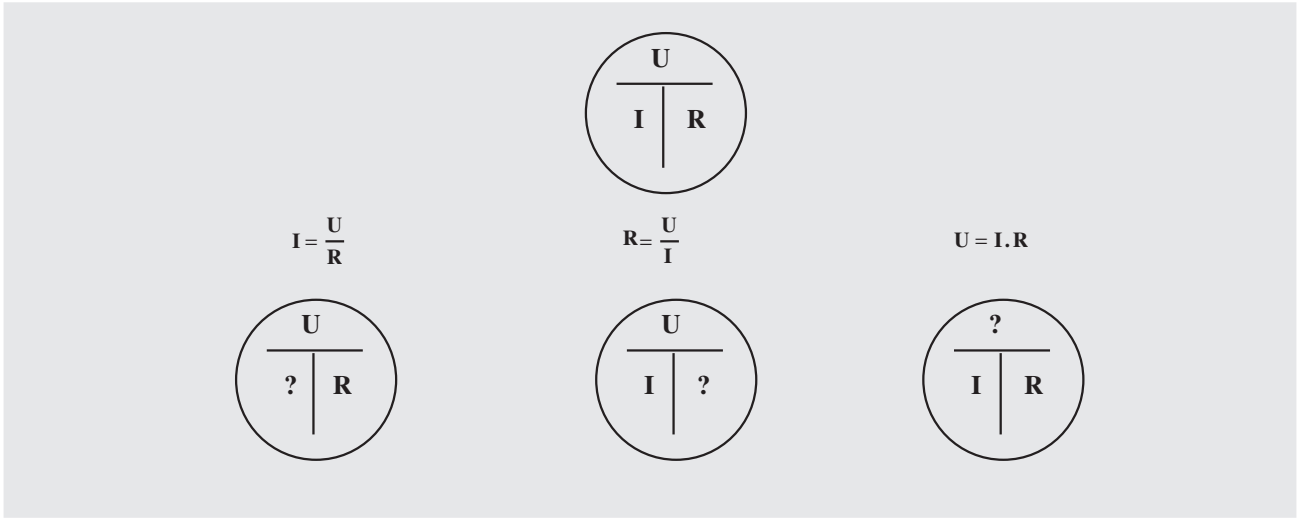
مقاومت الکتریکی: R در یک مدار الکتریکی هرگاه مانعی در سر راه عبور الکترون‌ها وجود داشته باشد گوییم مقاومت الکتریکی وجود دارد.

در حدود سال‌های ۱۸۰۰ یک دانشمند آلمانی به نام گئورگ سیمون اهم آزمایشهایی در مورد مدارها و هادی‌ها به عمل آورد و نکات مهمی در مورد ماهیت مقاومت الکتریکی کشف کرد. برای قدردانی از این شخص، واحد مقاومت به نام او، اهم و علامت آن Ω گذاشته شد.

یک اهم مقاومت رسانایی است که تحت اختلاف پتانسیل یک ولت شدت جریانی معادل یک آمپر از آن عبور کند، درصورتی که با ولتاژ یک ولت شدت جریان عبوری نیم‌آمپر شود مقاومت دو برابر حالت قبلی یعنی دو اهم خواهد بود با استفاده از این نسبت مقاومت مطلق تمام هادی‌ها به هر اندازه و شکل که باشند قابل محاسبه خواهد بود.

البته عواملی چون سطح مقطع هادی، طول هادی و حرارت روی مقدار مقاومت تأثیر می‌گذارد. هر وسیله‌ای که با جریان الکتریکی کار کند می‌تواند یک مقاومت الکتریکی محسوب شود مثل لامپ، اتو، رادیو و...

رابطه بین اختلاف پتانسیل، شدت جریان و مقاومت الکتریکی (قانون اهم) در مدارهای DC.

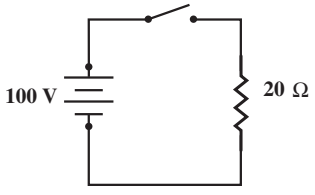


مثال ۱: اگر در یک مدار، ولتاژی برابر ۱۰ ولت به دو سر مقاومتی برابر ۵ اهم اعمال شود، شدت جریان مدار چقدر است؟

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۰}{۵} = ۲(A)$$

مثال ۲: اگر در مداری مطابق شکل جریان مجاز مقاومت ۸ آمپر باشد، درصورت بسته شدن کلید مقاومت خواهد سوخت یا خیر؟

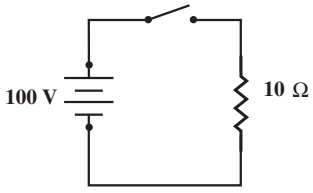
$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۵(A)$$



چون شدت جریان مدار ۵ آمپر بوده و از جریانی مجاز مقاومت که ۸ آمپر است کوچک‌تر است بنابراین مشکلی برای مقامت بوجود نمی‌آید و نخواهد سوخت.

مثال ۳: اگر در مدار زیر جریان مجاز مقاومت ۱۰ اهمی ۸ آمپر باشد در صورت بسته شدن کلید مقاومت خواهد سوخت یا خیر؟

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۰۰}{۱۰} = ۱۰A$$



چون شدت جریان عبوری از مقاومت ۱۰ آمپر شده و از جریان مجاز آن که A آمپر است بیش‌تر است بنابراین مقاومت خواهد سوخت.

مثال ۴: اگر لامپی به مقاومت ۱۰۰ اهم جریانی به شدت یک آمپر عبور کند، ولتاژ منبع چند ولت است؟

$$U = I.R = ۱ \times ۱۰۰ = ۱۰۰V$$

رابطهٔ تبدیل آن به وات و کیلووات عبارت است از:

$$1(P_s) = 736(W)$$

$$1(kW) = 1/36(P_s)$$

۳ ــ ۴ ــ انرژی الکتریکی

از تعریف کلی توان که برابر است با کار انجام شده در واحد زمان، می‌توان رابطهٔ انرژی الکتریکی را نیز نتیجه گرفت:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P.t$$

علایم اختصاری:

W : انرژی الکتریکی برحسب وات ثانیه (Ws)

P: توان برحسب وات (W)

t: زمان برحسب ثانیه (s)

چون لازم است انرژی الکتریکی را برحسب کیلووات ساعت نیز بدست آورد، بنابراین، از این رابطه می‌توان استفاده کرد:

$$1kWh = 3/6 \times 10^{6} Ws$$

۴ ــ ۴ ــ محاسبهٔ بهای برق مصرفی

هزینهٔ برق مصرفی از حاصل‌ضرب انرژی الکتریکی مصرف شده در قیمت هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تعیین می‌گردد.

الغلب به غیر از هزینهٔ برق مصرفی، یک مبلغ ثابت ماهانه بنام «اشتراک» نیز در نظر گرفته می‌شود که حاصل‌جمع دو مقدار فوق مبلغی است که از مشترکین دریافت می‌گردد.

مسأله نمونه: یک وسیلهٔ برقی با توان ۲۰۰۰W در هر روز ۵ ساعت کار می‌کند، حساب کنید جمع پول برق ماهیانه را در صورتی که بهای برق برای هر کیلووات ساعت ۱۰ ریال و حق اشتراک ماهیانه ۳۰۰ ریال باشد.

$P = 2000W = 2kW$

$t = 30 \times 5 = 150$ ساعت در ماه

۷۶

توان و کار الکتریکی

۲۳

جلسه بیست و سوم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و سوم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	پرسش سؤالاتی از مطالب جلسه گذشته	۱۵
۳	کار و توان الکتریکی	۳۰
۴	محاسبه بهای برق مصرفی	۲۰
۵	حل مثال‌های نمونه	۲۰

کار و توان الکتریکی

منظور از منبع تغذیه یک مدار الکتریکی این است که انرژی الکتریکی را برای مصرف کننده تأمین کند. مصرف‌کننده این انرژی را برای انجام وظایفی به‌کار می‌برد و یا به‌عبارت دیگر مصرف‌کننده (بار) از انرژی منبع برای انجام کار استفاده می‌کند. در هنگام انجام کار، مصرف‌کننده انرژی را مصرف می‌کند. به‌همین علت است که باتری‌ها خالی می‌شوند و احتیاج به شارژ مجدد دارند و باید آن‌ها را عوض کرد. مقدار کار انجام شده به‌وسیله مصرف‌کننده به انرژی که در اختیار دارد و سرعت استفاده از این انرژی بستگی دارد. به‌عبارت دیگر، با در اختیار داشتن مقدار معینی انرژی برای انجام یک کار مساوی، بارهای مختلف انرژی را در زمان‌های متفاوتی مصرف می‌کنند. بنابراین بعضی از بارها تندتر از سایرین کار می‌کنند. برای اینکه بدانیم بار با چه سرعتی کار انجام می‌دهد، می‌باید کمیت توان الکتریکی را تعریف کرد. توان عبارت است از مقدار کار انجام شده در واحد زمان.

نکته مهمی که باید همواره درنظر داشت این است که کار انجام شده در یک مدار ممکن است کار مفید و یا غیرمفید باشد. در هر دو حالت سرعت انجام کار را برمبنای توان اندازه می‌گیرند. گردش موتور الکتریکی و همچنین گرمای حاصل از اجاق برقی کار مفید است. از طرف دیگر گرمای حاصل در سیم‌های رابط و مقاومت‌ها نمونه‌هایی از کار غیر مفیدند. زیرا هیچ عمل مفیدی به‌وسیله این گرما حاصل نمی‌شود. هنگامی که توان برای کار غیرمفید مصرف می‌شود آن را توان تلف شده می‌گویند.

واحد کار الکتریکی

واحد کار الکتریکی ژول است و آن مقدار کاری است که اختلاف پتانسیل یک ولت برای جابه‌جایی یک کولن الکتریسیته انجام می‌دهد. درصورتی که اگر اختلاف پتانسیل یک ولت باعث عبور ۵ کولن الکتریسیته شود می‌گوییم ۵ ژول کار انجام شده است. این مطالب را می‌توان از طریق رابطه $W = q.u$ نشان داد. در این رابطه W انرژی برحسب ژول، q بار عبوری برحسب کولن و u اختلاف پتانسیل برحسب ولت است. به خاطر دارید که یک آمپر برابر است با عبور یک کولن الکتریسیته از یک نقطه مدار در یک ثانیه $I = \frac{q}{t}$ پس از ترکیب دو رابطه ذکر شده می‌توان نوشت :

$$W = I.t.U$$

واحد توان الکتریکی

توان الکتریکی را قبلاً تعریف کردیم که عبارت بود از میزان کار انجام شده در واحد زمان. پس با توجه به روابط بالا خواهیم داشت.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{I.t.U}{t} \Rightarrow \qquad P = U.I$$

بنابراین واحد توان الکتریکی را می‌توان بدین صورت تعریف کرد : اگر با اختلاف پتانسیل یک ولت شدت جریانی معادل یک آمپر از مداری عبور کند، گوییم توان مصرف شده مدار یک وات W است.

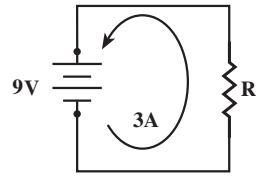
توان مکانیکی معمولاً برحسب اسب بخار hp نیز سنجیده می‌شود. هر اسب بخار معادل ۷۳۶ وات است و در صورتی که روابط را درهم ترکیب نماییم می‌توان برای توان روابط زیر را هم نوشت

$$P = U.I \qquad P = RI^2 \qquad P = \frac{U^2}{R}$$

مثال ۱: در مدار شکل زیر مقدار مقاومت الکتریکی و توان مصرفی آن را محاسبه کنید.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{9}{3} = 3\Omega$$

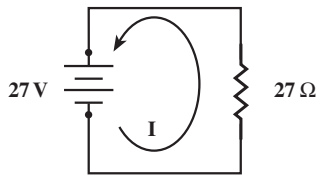
$$P = U = 9 \times 3 = 27W$$



مثال ۲: در مدار شکل زیر مقدار شدت جریان و توان مصرفی مقاومت را محاسبه کنید.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{27}{27} = 1A$$

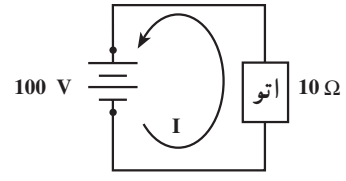
$$P = RI^2 = 27 \times 1^2 = 27(w)$$



مثال ۳: شدت جریان و توان مصرفی اتو برقی مطابق شکل زیر را محاسبه کنید.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{10} = 10A$$

$$P = RI^2 = 10 \times 10^2 = 1000w = 1kw$$



محاسبه توان در جریان‌های تک‌فاز و سه‌فاز

در جهان امروز تقریباً کل تولید برق و اکثر خطوط انتقال به شکل مدارهای AC سه‌فاز هستند. یک سیستم قدرت سه‌فاز متشکل از ژنراتورهای سه‌فاز، خطوط انتقال و بارها می‌باشد. به‌گونه‌ای که سیستم‌های قدرت AC دارای مزیت بزرگی نسبت به سیستم‌های DC هستند که برای کاهش تلفات انتقال، میزان ولتاژ آن‌ها را می‌توان تغییر داد. سیستم‌های قدرت AC سه‌فاز نسبت به سیستم‌های قدرت تک‌فاز مزیت بزرگی دارند، زیرا امکان به‌دست آوردن قدرت از ماشین سه‌فاز بیش‌تر است و نیز به‌علت این‌که توان تحویل شده به بار سه‌فاز در تمام اوقات، به‌جای این‌که مانند سیستم‌های تک‌فاز ضرباتی باشد، ثابت است. هم‌چنین سیستم‌های سه‌فاز این امکان را بوجود می‌آورند که بدون نیاز به سیم‌پیچی‌های کمکی راه‌انداز، بتوان از موتورهای القایی سه‌فاز استفاده کرد.

یک ژنراتور سه‌فاز متشکل از سه ژنراتور تک‌فاز است، که ولتاژهای آن از لحاظ مقدار با هم برابر هستند لکن از لحاظ زاویه فاز ۱۲۰° با هم اختلاف دارند. هریک از این سه ژنراتور بایستی توسط یک جفت سیم به یکی از سه بار برابر وصل شود، که البته چنین سیستمی واقعاً سه مدار تک‌فاز است که به‌سادگی ۱۲۰° نسبت به‌هم اختلاف زاویه فاز دارند.

و از آن‌جایی که کمیت‌های«اختلاف پتانسیل» و «شدت جریان» کمیت‌های برداری می‌باشند و در ضرب نقطه‌ای کمیت‌های برداری رابطه توان در جریان‌های تک‌فاز به‌صورت زیر تبدیل می‌شود.

$$P = U.I.\cos\varphi$$

البته $\cos\varphi$ را ضریب توان نام نهاده‌اند و در جریان‌های سه‌فاز رابطه توان را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود.

$$P = \sqrt{3}.U_L.I_L.\cos\varphi$$

یادآوری: همان‌طور که قبلاً ذکر شد معمولاً اختلاف پتانسیل در سیستم شبکه شهری درصورتی که تک‌فاز باشد ۲۲۰ ولت و در صورتی که سه‌فاز باشد ۳۸۰ ولت درنظر گرفته می‌شود.

مثال ۱: حداکثر توانی که در یک کنتور ۲۵ آمپری می‌توان گرفت چقدر است؟ درصورتی که از شبکه شهری تک فاز استفاده شود و $\cos\varphi = 0/8$ محاسبه می‌گردد.

$$P = U.I.\cos\varphi = ۲۲۰\times۲۵\times۰/۸$$

$$= ۴۴۰۰W = ۴/۴kW = ۵/۹۷hp$$

مثال ۲: روی لامپی مقادیر ۲۲۰V و ۲۰۰W به چشم می‌خورد، شدت جریان و مقاومت لامپ را محاسبه کنید. درصورت کاهش ولتاژ به میزان ۱۸۰ ولت شدت جریان و توان جذب شده توسط لامپ چقدر می‌شود؟

$$P = U.I \Rightarrow ۲۰۰ = ۲۲۰\times I \Rightarrow I = ۰/۹A$$

$$P = \frac{U}{I} = \frac{۲۲۰}{۰/۹} = ۲۴۴\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۸۰}{۲۴۴} = ۰/۷۳A$$

$$P = RI^{۲} = ۲۴۴\times۰/۷۳^{۲} = ۱۳۰W$$

بنابراین بر اثر کاهش ولتاژ، شدت جریان و توان تقلیل یافته و روشنایی لامپ کم‌تر می‌شود.

مثال ۳: توان مفید الکتروموتوری یک اسب بخار و راندمانش ۰/۸۵ است. توان ورود و توان تلف شده آن را محاسبه نمایید. درصورتی که ولتاژ آن ۲۲۰ ولت باشد شدت جریان چقدر است؟

$$\eta = \frac{P_{۲}}{P_{۱}} \Rightarrow P_{۱} = \frac{P_{۲}}{\eta} = \frac{۱\times۷۳۶}{۰/۸۵} = ۸۶۶W$$ توان ورودی

$$\Delta P = P_{۱} - P_{۲} = ۸۶۶ - ۷۳۶ = ۱۳۰W$$ توان تلف شده

$$P_{۱} = U.I \Rightarrow I = \frac{P_{۱}}{U} = \frac{۸۶۶}{۲۲۰} = ۳/۹A$$

اندازه‌گیری انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی مصرفی موردنیاز یک کشور به‌وسیله شرکت‌های برق تأمین می‌شود. انرژی الکتریکی از محل تولید ازطریق یک سیستم الکتریکی متشکل از سیم‌ها و کابل‌ها و پست‌ها بین مصرف‌کنندگان توزیع می‌شود. انتهای این سیستم توزیع انرژی کارخانه‌ها و منازل هستند. شرکت‌های برق که انرژی الکتریکی عرضه می‌کنند باید از مقدار مصرف مشترکین مطلع باشند. اندازه‌گیری انرژی مصرفی منازل، فروشگاه‌ها و کارخانه‌ها به‌وسیله دستگاهی به نام کنتور برق انجام می‌شود. هر مشترک براساس مقدار کاری که به‌وسیله انرژی الکتریکی انجام داده است باید مبلغی پول پرداخت کند. می‌دانیم که سرعت کار انجام شده را برحسب وات اندازه می‌گیرند. بنابراین برای محاسبه کل کار انجام شده باید زمان مورد مصرف در توان ضرب شود. مثلاً اگر یک لامپ ۱۰۰ واتی مدت یک ساعت روشن باشد انرژی مصرفی لامپ ۱۰۰ وات ساعت می‌شود. وات ــ ساعت واحد کوچکی است. بنابراین به جای آن از کیلووات ساعت استفاده می‌کنیم. همین لامپ ۱۰۰ واتی، در مدت یک ساعت انرژی مصرفی معادل ۰/۱kWh خواهد داشت.

محاسبه قیمت برق مصرفی

اگر بخواهیم قیمت انرژی مصرفی کل را محاسبه کنیم، کافی است، ابتدا مقدار انرژی مصرفی هر وسیله الکتریکی را حساب و سپس با هم جمع کنیم تا انرژی مصرفی کل به‌دست آید. آن‌گاه انرژی مصرفی کل را در قیمت هر k.W.h ضرب کنیم تا بهای انرژی مصرفی محاسبه شود.

بهای هر کیلووات ــ ساعت × مقدار انرژی مصرف شده برحسب (کیلووات ــ ساعت) = بهای انرژی برق مصرفی

مثال ۴: اگر ۵ لامپ ۱۰۰ واتی روزانه ۵ ساعت و یک اتوی برقی یک کیلوواتی روزانه یک ساعت و یک دستگاه تلویزیون ۵۰۰ واتی روزانه ۵ ساعت روشن باشند، هزینه انرژی مصرف کل مصرف‌کننده‌ها در یک ماه (۳۰ روز) چقدر است، درصورتی که قیمت هر کیلووات ساعت ۱۰۰ ریال باشد.

$$W_{۱} = P_{۱}\times t_{۱} = ۵\times۱۰۰\times۵$$

$$= ۲۵۰۰Wh = ۲/۵kWh$$ انرژی مصرفی لامپ

انرژی مصرفی اتوروزانه $W_۲ = P_۲ \times t_۲ = ۱ \times ۱ = ۱kW.h$

$W_۳ = ۵۰۰ \times ۵ = ۲۵۰۰Wh$

انرژی مصرفی تلویزیون روزانه $= ۲/۵kW.h$

$W = \sum W_i = ۲/۵ + ۱ + ۲/۵$

کل انرژی مصرفی در روز $= ۶kW.h$

کل انرژی مصرفی در ماه $W_t = ۶ \times ۳۰ = ۱۸۰kW.h$

بهای انرژی مصرفی در ماه ریال $۱۸۰ \times ۱۰۰ = ۱۸۰۰۰$

مثال ۵: در یک کارگاه درودگری وسایل برقی زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر هر بهای کیلووات ــ ساعت ۲۵۰ ریال باشد بهای برق مصرفی روزانه، ماهانه (۲۶ روز کاری) و سالانه را محاسبه نمایید.

۱ــ یک دستگاه اره نواری با الکتروموتور ۲/۵ کیلو وات

۲ــ یک دستگاه سه کاره با قدرت ۳ اسب بخار

۳ــ هرکدام بطور متوسط ۴ ساعت در روز

۴ــ یک دستگاه فرز با قدرت ۲ اسب بخار، ۲ ساعت در روز

۵ــ دستگاه‌های دریل برقی دستی، فرز دستی، رنده برقی دستی هرکدام با قدرت ۵۰۰ وات و هرکدام به مدت یک ساعت در روز

۶ــ ۴ لامپ ۲۰۰ واتی هرکدام به مدت ۳ ساعت در روز.

$\boxed{W = P.t}$

$W_۱ = [۲/۵ + (۳ \times ۰/۷۳۶] \times ۴ = ۱۸/۸۳۲kW.h$

انرژی مصرفی دستگاه اره و سه کاره در روز

$W_۲ = ۲ \times ۰/۷۳۶ \times ۲ = ۲/۹۴۴kW.h$

انرژی مصرفی دستگاه فرز در روز

$W_۳ = ۳ \times ۵۰۰ \times ۱ = ۱۵۰۰Wh = ۱/۵kWh$

انرژی مصرفی دریل، فرز و رنده دستی در روز

$W_۴ = ۴ \times ۲۰۰ \times ۳ = ۲۴۰۰Wh = ۲/۴kWh$

انرژی مصرفی روشنایی در روز

$W = \sum W_i = ۱۸/۸۳۲ + ۲/۹۴۴ +$

$۱/۵ + ۲/۴ = ۲۵/۶۷۶kW.h$

کل انرژی الکتریکی مصرفی روزانه

ریال $۲۵/۶۷۶ \times ۲۵۰ = ۶۴۱۹$

بهای برق مصرفی روزانه

ریال $۶۴۱۹ \times ۲۶ = ۱۶۶۸۹۴$

بهای برق مصرفی ماهانه

ریال $۱۶۶۸۹۴ \times ۱۲ = ۲۰۰۲۷۲۸$

بهای برق مصرفی سالانه

$W = P \times t = 2 \times 150 = 300\ Wh$

ریال ۳۳۰۰ = ۳۰۰ × (۱۰ × ۱۱) = بهای برق مصرفی

تمرین

۱ ـ روی پلاک الکتروموتور یک دستگاه رنده اختلاف سطح ۳۸۰ ولت، توان الکتریکی ۵/۵ کیلووات و ضریب توان $\cos\varphi = 0/85$ قید شده است. مطلوب است شدت جریانی که از دستگاه در حال کار کردن عبور می‌کند.

۲ ـ در فیوز اتوماتیک مطابق شکل (۳ ـ ۴) تعیین کنید:

الف) حداکثر توان قابل استفاده، اگر اختلاف‌سطح شبکه ۲۲۰ ولت باشد و مصرف‌کننده اُهمی باشد.

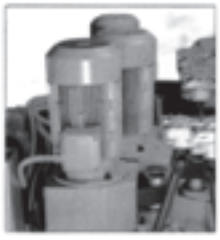
ب) در صورتی که یک فیز برقی با توان ۱/۵ کیلووات در مدار باشد، آیا می‌توان یک اره برقی با توان ۹۰۰ وات را نیز در مدار قرار داد. $\cos\varphi = 0/8$

شکل ۳ـ۴

۳ ـ حساب کنید شدت جریانی را که الکتروموتور جریان متناوب ۳ فاز از شبکه می‌گیرد: در صورتی که توان جذب شده آن ۶ کیلووات و ضریب توان $\cos\varphi = 0/8$ و ولتاژ خطی آن ۳۸۰ ولت باشد.

۴ ـ دستگاه چهار ظرف رنده اتوماتیکی مانند شکل (۴ ـ ۴) دارای سه الکتروموتور یکسان با این مشخصات می‌باشد.

۳۸۰ ولت ـ ۶/۵ آمپر ـ ضریب توان $\cos\varphi = 0/85$،



شکل ۴ـ۴ـ الکتروموتورهای یک دستگاه چهارظرف رنده

مطلوب است کل توان الکتریکی دستگاه برحسب کیلووات و نوع اسب؛ اگر ۱۲ ساعت در روز کار کند کل انرژی الکتریکی مصرف شده دستگاه را در روز به‌دست آورید.

۵ ـ در مسأله شماره ۴ اگر ماهانه ۲۶ روز کار و هر کیلووات ساعت برق ۶۰ ریال منظور شود بهای برق مصرفی دستگاه مذکور را در یک ماه و در یک سال حساب کنید.

۶ ـ در یک کارگاه صنایع چوبی که از جریان سه فاز استفاده می‌شود سه دستگاه با الکتروموتورهای $1/5P_g$ و $2P_g$ و $2/5P_g$ موجود است. اگر به‌طور متوسط هر دستگاه در روز چهار ساعت کار کند، مطلوب است:

الف) توان کلی دستگاههای کارگاه فوق به‌کیلووات

ب) انرژی الکتریکی مصرفی کل دستگاهها

۷ ـ در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این‌گونه استفاده می‌شود:

الف) از شبکه ۲۲۰ ولت، ۱۶ عدد لامپ ۱۰۰ وات و یک الکتروموتور ماشین مته‌رومیزی ۴۰۰ وات با ضریب توان $\cos\varphi = 0/8$

ب) از شبکه ۳۸۰ ولت، ۲ الکتروموتور با مشخصات ۵/۶ آمپر و ضریب توان $\cos\varphi = 0/8$ برای راه انداختن ماشینهای اره و رنده و یک الکتروموتور با مشخصات ۲ آمپر و $\cos\varphi = 0/8$ برای ماشین فرز استفاده می‌کند. حساب کنید: بهای برق مصرفی ماهانه را، در صورتی که کارگاه در هر ماه ۲۶ روز برق مصرف کند ساعات کار روزانه ماشینهای اره، رنده و فرز ۸ ساعت، مته رومیزی ۶ ساعت و روشنایی ۵ ساعت بوده هزینه هر کیلووات ساعت برق مصرفی از شبکه ۱۰ ریال و حق انشعاب ماهانه ۱۲۰۰ ریال باشد.

جلسه بیست و چهارم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و چهارم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	بررسی و بازبینی جلسه گذشته	۵
۳	حل تمرین‌های صفحات ۷۷ و ۷۸	۶۵
۴	رفع اشکال فصل چهارم	۱۵

بعد از حضور و غیاب و صحبت‌های مقدماتی جهت آماده کردن هنرجویان، دفتر تمرین آن‌ها را بازبینی نموده و از آن‌ها خواسته می‌شود که برای حل تمرینات مطابق لیست مربوطه به پای تابلو بروند.

حل تمرین ۱:

$$I=\frac{P}{\sqrt{3}.U\cos\varphi}=\frac{5/5\times1000}{\sqrt{3}\times380\times0/85}=9/83A$$

حل تمرین ۲:

الف) $P=U.I.\cos\varphi = 220\times10\times0/8$

$=1760W=1/76kW$

ب) $1/5+0/9=2/4kW$ $\quad 2/4>1/76kW$ خیر

حل تمرین ۳:

$$I=\frac{P}{\sqrt{3}\times U.\cos\varphi}=\frac{6000}{\sqrt{3}\times380\times0/8}=11/39A$$

حل تمرین ۴:

$P=3P_i=3(\sqrt{3}.U.I.\cos\varphi)$

$=3\times\sqrt{3}\times380\times6/5\times0/85$

$P=10/9kW \Rightarrow P=10/9\times1/36=14/824hp$

$W=P.t=10/9\times1000\times12\times3600$

$=470/88\times10^6J=470/88MJ$

حل تمرین ۵:

$W=P.t=10/9\times12$

کار الکتریکی در یک روز $=130/8kW.h$

ریال در یک ماه $130/8\times26\times60=204048$

ریال در یک سال $204048\times12=2448576$

حل تمرین ۶:

الف) $P=\sum P_i=1/5+2+2/5=6ph$

$P=6\times0/736=4/42kW$

ب) $W=P.t=4/42\times4=17/68kW.h$

حل تمرین ۷:

$$W_1=P_1.t=\frac{100\times16\times5}{1000}=8kW.h$$

کار الکتریکی روشنایی در روز

$$W_2=P_2.t_2=\frac{400\times6}{1000}=2/4kW.h$$

کار الکتریکی مته رومیزی در روز

$$W_3=(\sqrt{3}.U.I.\cos\varphi)t=\sqrt{3}\times380\times 5/6\times0/8\times\frac{1}{1000}\times8=23/59kWh$$

کار الکتریکی اره در روز

$W_4=W_3=23/59kW.h$

کار الکتریکی رنده در روز

$$W_5=(\sqrt{3}.U.I.\cos\varphi)t=\sqrt{3}\times380\times 4\times0/8\times\frac{1}{1000}\times8=16/85kWh$$

کار الکتریکی فرز در روز

بهای مصرفی از شبکه تک فاز در ماه

$=(8+2/4)\times26\times10=2704$ ریال

بهای مصرفی از شبکه سه فاز در ماه

$=(23/59+23/59+16/85)\times26\times5=8324$ ریال

کل بهای برق مصرفی ماهانه

$=2704+8324+1200=12228$ ریال

جلسه بیست و پنجم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و پنجم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	حل تمرین صفحه ۷۹	۲۵
۳	امتحان از فصل چهارم	۶۰

بعد از آماده کردن کلاس از هنرجویان برای حل تمرین‌های صفحه ۷۹ دعوت می‌شود.

حل تمرین ۱:

الف) $P = \sum P_i = ۲۴۰۰ + ۳(۱۰۰) + ۸۰۰ + ۸۰۰ = ۴۳۰۰ \text{Wat}$

بلی

$$I = \frac{P}{U.\cos\varphi} = \frac{۴۳۰۰}{۲۲۰ \times ۰/۸} = ۲۴/۴۳\text{A} \Rightarrow ۲۴/۴۳ < ۲۵$$

ب) $W = Pt = ۴/۳(۲۶ \times ۴) = ۴۴۷/۲\text{kW.h}$

بهای برق مصرفی ماهانه

$= (۴۴۷/۲ \times ۶۰) + ۳۰۰ = ۲۷۱۳۲$ ریال

حل تمرین ۲:

$W_۱ = ۲ \times ۳ \times ۵ = ۳۰\text{kW.h}$

کار الکتریکی ۲ دستگاه فرز در روز

$W_۲ = ۱/۲ \times ۴ = ۴/۸\text{kW.h}$

کار الکتریکی دستگاه مته در روز

$$W_۳ = ۱۰ \times ۴۰ \times ۸ \times \frac{۱}{۱۰۰۰} = ۳/۲\text{kW.h}$$

کار الکتریکی روشنایی در روز

$W = \sum W_i = ۳۰ + ۴/۸ + ۳/۲ = ۳۸$

کل کار الکتریکی روزانه

بهای برق مصرفی ماهانه

$= (۳۸ \times ۲۶ \times ۳۰) + ۵۰۰ = ۳۰۱۴۰$ ریال

حل تمرین ۳:

$W_۱ = ۸ \times ۰/۱ \times ۸ = ۶/۴\text{kW.h}$

کار الکتریکی روشنایی در روز

$W_۲ = (۰/۳ + ۰/۵) \times ۱ = ۰/۸\text{kW.h}$

کار الکتریکی وسایل دستی و برقی در روز

$W_۳ = (۱/۵ + ۲ + ۳) \times ۰/۷۳۶ \times ۳ = ۱۴/۳۵\text{kW.h}$

کار الکتریکی ماشین‌ها در روز

$W = \sum W_i = ۶/۸ + ۰/۸ + ۱۴/۳۵ = ۲۱/۵۵$

کل کار الکتریکی کارگاه در روز

بهای برق مصرفی ماهانه

$= (۲۱/۵۵ \times ۲۶ \times ۳۰) + ۹۰۰ = ۱۷۷۰۹$ ریال

بهای برق مصرفی سالانه

$= ۱۷۷۰۹ \times ۱۲ = ۲۱۲۵۰۸$ ریال

نمونه سؤال امتحانی از فصل چهارم

۱ــ اگر از لامپی به مقاومت ۱۰۰ اهم جریانی به شدت ۱/۱ آمپر عبور کند، پس از مدتی به‌علت فرسودگی جریان فوق به ۰/۸ آمپر تقلیل پیدا کند، در مدار ولتاژ منبع به چه میزان کاهش پیدا کرده است؟

۲ــ در مداری که جریان ۸ آمپر برقرار است یک مقاومت ۲۱ اهمی قرار داده‌ایم، محاسبه نمایید ولتاژ منبع، توان مصرفی آن را.

۳ــ شدت جریان، مقاومت الکتریکی و انرژی صرف شده در مدت ۵ ساعت کار یک لامپ ۱۰۰ واتی که از ولتاژ ۲۲۰ ولت استفاده می‌کند را محاسبه نمایید.

۴ــ در یک کارگاهی که از ۵ لامپ ۱۰۰ واتی در مدت ۴ ساعت در روز و ۳ دستگاه با توان‌های اسمی ۲/۲، ۲/۵ و ۳ اسب بخار در مدت ۳ ساعت در روز و ۲ دستگاه برقی دستی ۵۰۰ واتی با ۲ ساعت در روز استفاده می‌کند، بهای برق مصرفی ماهانه‌اش (۲۶ روز کاری) را محاسبه نمایید در صورتی که هر کیلو وات ساعت ۲۰۰ ریال منظور گردد.

سؤالات آزمون پایان فصل چهارم

۱ ــ برای این وسایل برقی یک کنتور ۲۵ آمپری کافی است :

یک دستگاه سه کاره تجاری بتوان ۲/۲kW ، سه عدد لامپ ۱۰۰W ، یک دستگاه فرز برقی دستی ۸۰۰W . اگر اختلاف سطح شبکه ۲۲۰V باشد : $\cos\varphi = 0/8$

الف) آیا می‌شود یک بروزکتور ۸۰۰W را نیز در مدار قرار داد.

ب) بهای برق مصرفی یک‌ماه را حساب کنید : اگر از وسایل فوق ۲۶ روز در ماه و هر روز بمدت ۴ ساعت استفاده نمودیم هر کیلووات ساعت برق ۶۰ ریال وحق اشتراک ماهانه ۳۰۰ ریال باشد.

۲ ــ در یک کارگاه صنایع چوبی ۲ دستگاه ماشین فرز ۳kW بمدت ۵ ساعت و یک دستگاه ماشین مته ۱/۲kW بمدت ۲ ساعت کار می‌کنند و برای روشنایی از ۱۰ عدد لامپ مهتابی ۴۰W بمدت ۸ ساعت استفاده می‌شود. مطلوب است بهای برق مصرفی ماهانه کارگاه. در صورتی که بهای هر کیلووات ساعت برق ۳۰ ریال و حق اشتراک ماهانه ۵۰۰ ریال و زمان کار ۲۶ روز در ماه در نظر گرفته شود.

۳ ــ در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این‌گونه استفاده می‌شود :

الف) ۸ عدد لامپ ۱۰۰ واتی، یک دریل برقی دستی ۳۰۰ واتی، یک رنده برقی دستی ۵۰۰ واتی که از شبکه ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود.

ب) ۳ الکتروموتور با مشخصات $1/5P_s$ و $2P_s$ و $4P_s$ برای راه انداختن ماشینهای اره و رنده و فرز از شبکه سه فاز استفاده می‌شوند.

اگر از لامپهای روشنایی ۸ ساعت در روز و وسایل برقی دستی بطور متوسط هر کدام یک ساعت در روز و دستگاهها هر کدام ۳ ساعت در روز استفاده شود، و بهای برق مصرفی ۳۰ ریال و حق‌اشتراک ماهانه ۹۰۰ ریال باشد. بهای برق مصرفی این کارگاه را برای مدت یک ماه (۲۶ روز کاری) و یک سال حساب کنید.

۷۹

فصل پنجم

تعیین زمان انجام کار

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

۱ـ روشهای مختلف انجام کار را توضیح دهد؛
۲ـ زمان‌سنجی را تعریف کند؛
۳ـ روشهای مشاهده مستقیم زمان‌سنجی را توضیح دهد؛
۴ـ اجزای زمان انجام کار را تعیین کند؛
۵ـ زمان کار را برای هر قطعه محاسبه کند؛
۶ـ زمان کار را برای چند قطعه مشابه تعیین کند؛
۷ـ زمان تجهیز (اصل تجهیز و جزء تجهیز) را محاسبه کند؛
۸ـ زمان جزء و زمان مبنا را تعیین نماید؛
۹ـ زمان فرعی و زمان اصلی انجام کار را محاسبه کند؛
۱۰ـ روشهای ترکیبی زمان‌سنجی را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۵ـ تعیین زمان انجام کار

۱ـ۵ـ مقدمه

تکنیک زمان‌سنجی از روشهای دقیق کارسنجی است و در صنایع و مدیریت صنعتی کاربردی گسترده دارد.

با استفاده از روشهای مختلف زمان‌سنجی و تعیین استانداردهای زمانی می‌توان در تعیین نیازمندیهای نیروی انسانی، برنامه ریزی و تولید کار، سفارشهٔ عملکرد واحدها و افراد، تعیین هزینه‌ها و تهیهٔ مبنایی برای پرداخت حقوق، مزد تشویقی و پاداش بهره جست.

حل:

الف) برش اولیه	۲ ساعت
ب) اندازه بری	۱/۵ ساعت
پ) اتصالات	۳ ساعت
ت) مونتاژ	۵/۵ ساعت
ث) پرداخت	۲ ساعت
ج) رنگ	۲ ساعت

چ) زمان احتمالی ۳۰٪ زمانهای درنظر گرفته شده

ساعت زمان عملیات $۱۸=۲+۲+۵/۵+۳+۱/۵+۲$

ساعت زمان احتمالی $۱۸\times\frac{۳۰}{۱۰۰}=۵/۴$

ساعت کل زمانی که برای ساخت تخمین زده می‌شود. $۱۸+۵/۴=۲۳/۴$

۲ـ۲ـ۵ـ روش زمان‌سنجی: به منظور برنامه ریزی دقیق و واقع‌بینانه برای تولید، باید بتوانیم به گونه‌ای دقیق میزان تولید بالقوه یک عملیات معین را تخمین بزنیم. روش تخمین را می‌توان بر پایه نظرات اشخاص مختلفی که زمان را حدس می‌زنند و براساس تجربه صورت گیرد. انجام داد البته ممکن است در موارد خاص نتایج خوبی به دست آید. اما همیشه این گونه نیست، زیرا بیشتر اوقات حتی تخمینی که دو نفر می‌زنند یکسان نیست. به همین دلیل داشتن یک روش منظم و اصولی برای تخمین مقدار بالقوه تولید در یک فاصلهٔ زمانی معین، بسیار ضروری است. بنابراین، به بررسی روشهای دقیق‌تری به نام «روشهای زمان‌سنجی» می‌پردازیم. «زمان‌سنجی» عبارت است از تعیین زمان انجام عملیات برای کارگر کارآزموده، به گونه‌ای که بتواند کار را در سطح عملکرد مطلوب و مشخص انجام داده در نهایت زمان کل عملیات برای تولید انبوه قطعات تعیین گردد.

روشهای زمان سنجی نسبت به گستردگی آن به دو گروه عمده تقسیم می‌شود که در قسمتهای بعدی این فصل به توضیح هر یک از آنها می پردازیم.

تمرین

۱ـ برای ساخت طبقه‌بندی بایگانی مطابق شکل (۲ـ۵) این عملیات تخمین زده می‌شود، زمان ساخت آن را محاسبه کنید.

الف) برش اولیه: ۲ ساعت. ب) اندازه‌بری: ۲ ساعت. پ) اتصالات: ۳ ساعت.

اولین گام در زمان‌سنجی تقسیم کار به عوامل اساسی بوده لذا با مشاهده و ثبت زمان صرف شده برای انجام هریک از عوامل به وسیله ساعت، کرنومتر یا سایر روشها می‌توان زمان لازم را برای انجام کار سنا درنظر گرفتن زمان استراحت و رویدادهای احتمالی، تعیین نمود.

۲ـ۵ـ زمان‌سنجی

یکی از عوامل مهم تعیین کننده هزینه تولید زمانی است که برای ساخت آن مصرف می‌شود. بدین سبب باید این زمان را حتی المقدور، به طور دقیق تعیین نمود. برای این منظور از روشهای مختلفی مثل حدس زدن، زمان سنجی، زمانهای استاندارد از قبل تعیین شده و غیره استفاده می‌کنند.

۱ـ۲ـ۵ـ روش حدس زدن: در این روش مراحل مختلف انجام کار را تعیین می‌کنند و از راه تجربه، زمانی را که در هر مرحله ساخت لازم است حدس می‌زنند و از مجموع زمانهای تعیین شده زمان انجام کار را به دست می‌آورند. عواملی که در این روش مؤثرند، عبارتند از: چگونگی روش انجام کار، توانایی و تجربه کاری، تجهیزات و وسایل مورد استفاده، وضعیت محل کار، مواد اولیه مورد مصرف و نظایر آن.

مثلاً، یک میز کامپیوتر مطابق با نوع مشخص شکل (۱ـ۵) سفارش داده می شود، سازنده با توجه به چگونگی تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه و انتخاب روش انجام کار، همچنین با درنظر گرفتن نوع تجهیزات و وسایل مورد استفاده تخمین می‌زند که چه زمانی طول خواهد کشید تا میز کامپیوتر مورد نظر را بسازد و زمان تحویل سفارش را مشخص کند و با توجه به زمان ساخت، هزینه دستمزد را برآورد نماید.

شکل ۱ـ ۵ ـ میز کامپیوتر

ت) مونتاژ: ۵ ساعت. ث) پرداخت: ۲ ساعت. ج) رنگ: ۲ ساعت. چ) نصب: ۲ ساعت. ح) برای حوادث احتمالی ۳۰ درصد زمانهای یاد شده منظور گردد.

شکل ۲ـ ۵ ـ طبقه‌بندی بایگانی

۲ـ برای نصب پارکت کف سالنی، مطابق شکل (۳ـ۵)، این عملیات حدس زده می‌شود. زمان آماده شدن آن را به دست آورید.

الف) بازرسی: ۶ ساعت. ب) اپل بندی: ۱۰ ساعت. پ) نصب پارکت: ۱۲ ساعت. ت) فرنیز اطراف سالن: ۴ ساعت. ث) پرداخت: ۲ ساعت. ج) رنگ کاری: ۵ ساعت. چ) زمان حوادث احتمالی ۳۰ درصد زمانهای ذکر شده می باشد.

شکل ۳ـ ۵ ـ فرایند نصب پارکت

جلسه بیست و ششم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و ششم		
۱	آماده سازی کلاس	۵
۲	پرسش از هنرجویان در رابطه با زمان‌سنجی و اهمیت آن قبل از تدریس	۳۰
۳	تدریس در مورد زمان‌سنجی شامل (تعریف ــ فواید و روش‌های زمان‌سنجی)	۵۵

بعد از آماده‌سازی کلاس و متمرکز کردن افکار و حواس هنرجویان به طرف درس و کلاس، تدریس شروع شود.

۵ــ تعیین زمان انجام کار

از هنرجویان سؤال شود:

ــ زمان چه نقشی در انجام یک کار دارد؟

ــ اگر قرار باشد سازه‌ای در کارگاه ساخته شود و زمان ساخت بیش از آن‌چه که تصور می‌کردیم طول بکشد، چه اثری روی قیمت سازه خواهد گذاشت؟

ــ قرار است کاری مشخص توسط یک کارگر صورت گیرد. اگر این کار زودتر از حد انتظار انجام گیرد، چه تصوراتی خواهید کرد؟ و اگر دیرتر از حد انتظار انجام دهد، چه تصوراتی می‌کنید؟

ــ آیا هرچه زمان انجام کار کوتاه‌تر شود همیشه مفید است؟

ــ زمان انجام کار به چه عواملی بستگی دارد؟

ــ زمان انجام کار را چگونه باید تعیین کنیم؟

ــ خلاصه این‌که زمان سنجی چیست؟ و چه اهمیتی دارد؟

بعد از این‌که نظرات هنرجویان گرفته شد و به نظرات آن‌ها جهتی در اهمیت زمان سنجی داده شد، آن‌گاه مطلب اصلی تدریس شود.

زمان‌سنجی چیست؟

زمان‌سنجی به‌صورت زیر تعریف می‌شود :

«به‌کارگیری تکنیک‌هایی که به منظور تعیین زمان لازم جهت انجام عملیاتی خاص توسط کارگر واجد شرایط و در سطح عملکرد مطلوب، طرح شده‌اند.»

فوائد زمان‌سنجی

درصورتی که زمان انجام کاری مشخص باشد می‌توان روی عوامل زیر برنامه‌ریزی نمود تا تولیدی مطلوب داشته باشیم.

- ☐ تعیین نیازمندی‌های نیروی انسانی
- ☐ برنامه‌ریزی و تولید کار
- ☐ مقایسه عملکرد واحدها و افراد
- ☐ تعیین هزینه‌ها
- ☐ تهیه مبنایی برای پرداخت حقوق
- ☐ مزد تشویقی و پاداش

چه دلائل دیگری برای انجام زمان‌سنجی می‌تواند وجود داشته باشد؟

ــ ممکن است محصول جدید با عملیات جدید نیاز به زمان استاندارد داشته باشد.

ــ ممکن است در روش انجام کار تغییراتی ایجاد شده باشد. بنابراین زمان استاندارد نیز باید مورد تجدید نظر قرار گیرد.

ــ چنان‌چه کارگران مربوط از زمان استاندارد فعلی شاکی باشند لازم است صحت و سقم این زمان به‌وسیله زمان‌سنجی مجدد معلوم گردد.

ــ بنابراین زمان‌سنجی وسیله‌ای است در دست مدیریت برای اندازه‌گیری زمان موردنیاز جهت یک عمل یا یک سری از عملیات.

با استفاده از تکنیک‌های مختلف زمان‌سنجی می‌توان،

اهمیت و مقدار زمان‌های غیر مؤثر نهفته در کل سیکل کار را مشخص نمود و به این ترتیب می‌توان در جهت حذف و یا کاهش این زمان‌ها اقدام کرد.

روش‌های عمده متداول در زمان‌سنجی

الف ــ حدس زدن (تخمین تحلیلی)

ب ــ با استفاده از انجام یک‌سری عملیات زمان سنجی

از روش تخمین در گذشته استفاده می‌شده و با توجه به آنکه در حال حاضر نیاز به دقت بیش‌تری در تعیین زمان عملیات می‌باشد، از این روش کم‌تر استفاده می‌شود. در این روش فرد زمان‌سنج فقط با نگاه کردن به عمل، زمان آن را حدس می‌زند ولی با توجه به آن‌که صرفاً با نگاه کردن به یک عمل نمی‌توان زمان دقیقی را جهت انجام آن به‌دست آورد لذا اعتبار این روش برای استفاده از آن بسیار کم می‌باشد. مگر در کارگاه‌های کوچک و کارهایی که با تعداد کم ساخته می‌شود. البته در چنین کارگاه‌هایی هم شخص زمان سنج می‌باید اطلاعات کافی درمورد چگونگی ساخت کار، تجهیزات، مواد و... داشته باشد که براساس زمان ساخت هزینه مربوط به دستمزد و مخارج عمومی کارگاه را به‌حساب آورد.

مثال: سفارش دهنده‌ای به کارگاهی مراجعه و از مدیر کارگاه قیمت کار را جویا می‌شود حال اگر مدیر کارگاه قیمت را کم‌تر از حد معقول بدهد، ضرر خواهد کرد و اگر بیش از حد معقول دهد، سفارش دهنده به این کارگاه سفارش نخواهد داد، بنابراین برای این‌که کارگاه مربوط بتواند کار جذب نماید و سوددهی هم داشته باشد باید علاوه‌بر محاسبه مواد مخارج عمومی، باید بتواند زمان ساخت را به‌صورت صحیح و دقیق تخمین بزند تا از روی این زمان هزینه مربوط به دستمزدها را هم برآورد نماید.

البته در این روش می‌توان از تخمین مقایسه‌ای هم کمک گرفت. درصورتی که مدیر مربوطه با تجربه و با سابقه باشد از روی کارهای گذشته، کار جدید را زمان‌سنجی نماید.

اما امروزه که زمان ارزش بسیار زیادی در کارخانجات و کارگاه‌های تولیدی دارد باید از هر لحظه زمان استفاده نمود، تا بتوان در بازار جایگاهی مناسب داشت و برای تعیین زمان انجام کار روش‌هایی وجود دارد که خلاصه آن‌ها به‌شرح زیر است.

الف ــ روش‌های مشاهده مستقیم

Direct Observation Methods

شامل :

۱ــ زمان‌سنجی با کرونومتر

Stop Watch Studies

۲ــ نمونه‌برداری از کار

Activity Sampling (Work Sampling)

ب ــ روش‌های ترکیبی

Synthetic Methods

شامل :

۱ــ استفاده از اطلاعات استاندارد

Using Standard Data

۲ــ استفاده از زمان‌های از قبل تعیین شده برای حرکت

Predetermined Motion Time System (P.M.T.S)

در هر روش برای اینکه زمانی دقیق‌تر داشته باشیم. می‌بایست یک کار را به اجراء کوچک کاری تقسیم نمود و زمان‌های هر مرحله را با هم جمع نمود تا زمان کل عملیات بدست آید.

چرا باید کار را به جزء کوچک کاری تقسیم کرد

۱ــ برای اطمینان از این که کار مفید (زمان مؤثر) از کار غیرمفید (زمان غیرمؤثر) جدا شده باشد.

۲ــ برای این‌که ضریب عملکرد تعیین شده دقیق‌تر از ضریبی باشد که با توجه به سیکل کامل تعیین می‌کنیم چون با تقسیم سیکل کار به جزء کوچک هر جزء ضریب عملکرد خاص خود را خواهد داشت (درمورد ضریب عملکرد توضیح داده خواهد شد).

۳ــ برای تعیین و تشخیص اجزائی که مستلزم خستگی و زحمت زیاد می‌باشند. زیرا به این ترتیب می‌توانیم زمان استاندارد را دقیق‌تر تعیین کنیم و در جهت حذف و یا کاهش این عوامل اقدام کنیم.

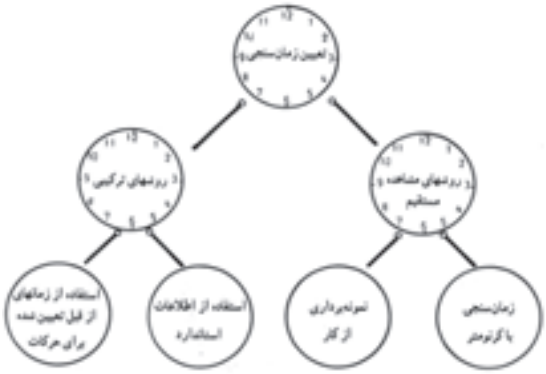
۴ــ برای فراهم نمودن امکان تعیین زمان استاندارد برای اجزای تکراری کار

۵ــ برای تشخیص دقیق‌تر مشخصات جزء به جزء کار

۳ـ نقش زمان انجام کار را در هزینهٔ تولید بیان کنید.
۴ـ اصول تعیین زمان انجام کار بر چه پایه‌هایی است؟
۵ـ روش حدس زدن را در زمان انجام کار توضیح دهید.
۶ـ چه عواملی در روش حدس زدن برای تعیین زمان انجام کار مؤثرند؟
۷ـ به چه دلیل روش حدس زدن نمی‌تواند همیشه در تعیین زمان انجام کار مؤثر باشد؟
۸ـ زمان سنجی را تعریف کنید.

۳ـ۵ـ روشهای مشاهده مستقیم

برای سنجش زمان چهار روش معمول و متداول است (شکل ۴ـ ۵) که آنها را می توان در دو گروه خلاصه کرد.



شکل ۴ـ ۵ـ روشهای زمان‌سنجی

روشهای مشاهده مستقیم مستلزم دیدن کار در حین انجام آن می باشد، اما در روشهای ترکیبی، زمان سنجی بدون مشاهده کار انجام می گیرد. باید توجه داشت که در صورت استفاده از

تعیین زمان انجام کار

۸ـ ضریب عملکرد

ضریب عملکرد مقیاسی از صفر تا ۱۰۰ است. صفر برای عدم انجام هرگونه کار و ۱۰۰ نشان دهندهٔ سرعت طبیعی انجام کار است. برای سرعتهای بیش از حد معمول عددی بیش از عدد ۱۰۰ قرار می‌دهیم؛ به طوری که وقتی کاری را مشاهده می‌کنیم؛ سرعت انجام آن را برحسب یکی از شماره های این مقیاس، یعنی اگر سرعت خیلی کم باشد حدود ۵۰ و سرعت اگر بیش از حد معمول باشد حدود ۱۲۵ تعیین می کنیم.

برای نتیجه گیری بهتر از این روش باید شخص زمان سنج، این اطلاعات را دارا بوده توانائی برقراری ارتباط صحیح را داشته باشد.

۱ـ باید روش کار ماشین را بداند؛
۲ـ باید طریق انجام کار را بداند؛
۳ـ از درجه مهارت کارگران اطلاع کامل داشته باشد؛
۴ـ نظریات و تفکرات کارگران را بداند؛
۵ـ وضعیت محیط کار و درجه کیفیت کار را بداند.

و شخص زمان سنج باید بداند که یک عملیات از چند فعالیت مختلف صورت می گیرد و هر کار را به اجزای کوچکتر تقسیم نموده برای هر جزء کوچک ضریب عملکردی را تعین کند و با توجه به یکاریهای مجاز هر زمان را جداگانه مشخص نماید. سرانجام، زمانهای هر مرحله از ساخت را مانند: اره، رنده، اتصالات، فرزکاری، مونتاژ و غیره را که به طور جداگانه به دست آورده است، با هم ترکیب کند و زمان اصلی انجام یک کار را به دست آورد.

برای محاسبه زمان انجام کار سازمان رفاه (مجمع مطالعه کار) روشی را تعیین نموده، به طوری که زمان هر مرحله را به اجزای کوچکتری تقسیم می کنیم (شکل ۶ـ۵). اینک به شرح هریک از زمانها می‌پردازیم.

سازمان کل تجهیز (tz): زمان کل تجهیز-زمانی است که ابتدا برای آماده کردن قبل از شروع کار و پس از پایان کار برای جمع و جور کردن محیط کار لازم است؛ مثلاً نقشه خوانی، مذاکره با سرپرست قسمت، تنظیم ماشین، فراهم کردن قطعات ماشینی و امثال آن، و پس از انجام کار، تعمیر ماشینی به حالت اولیه، زمان تجهیز از دو زمان یعنی زمان اصلی تجهیز و زمان جزء تجهیز به دست می آید.

سازمان اصلی تجهیز (trg): این زمان صرف تدارک و تنظیم ماشین و ابزار خواهد شد؛ مثلاً تنظیم گونیاها برای افزار زدن یا تنظیم مرغکهای خراطی، تنظیم دستگاه گندگی مطابق شکل

هر یک از روشهای مذکور برای زمان سنجی، روش انجام کار، وضعیت انجام کار و غیره باید کاملاً مشخص باشد.

۱ـ۳ـ۵ ـ سازمان سنجی با کرونومتر: این سنجش با روشی ساده برای تعیین زمان انجام کار صورت می گیرد؛ یعنی کار و اندازه‌گیری زمان انجام آن به وسیله ساعت انجام می گیرد. اگر بخواهیم زمان اندازه‌گیری شده دقیق باشد از کرونومتر مطابق شکل (۵ـ۵) استفاده می کنیم. این

شکل ۵ـ ۵ـ کرونومتر

کار مبنای یکی از روشهای تعیین زمان استاندارد است که برای رسیدن به یک نتیجه مطلوب باید مسائل دیگری را درنظر گرفت. از جمله این که زمان صحیح زمانی است که از میانگین چند زمان به دست آمده باشد؛ بنابراین زمان هر عمل را در چند بار ثبت نموده از آنها میانگین می گیریم و از طرفی، کاری را که چند بار در حین عمل مشاهده کرده با کرونومتر زمان‌سنجی می کنیم. احتمالاً زمانهای هر دفعه ممکن است با توجه به سرعت عمل کارگر با یکدیگر تفاوت بسیاری داشته باشد؛ زیرا هنگامی که کارگر سریع کار می کند زمان کوتاهتر از هنگامی است که آرام کار می کند. به ناچار ما برای تعیین زمان ـ که نشان دهندهٔ سرعت طبیعی انجام کار است ـ باید تعدیل در زمان مشاهده داشته باشیم و این تعدیل را به وسیلهٔ ضریبی به نام «ضریب عملکرد» انجام می‌دهیم و از این رابطه برای به دست آوردن زمان نرمال استفاده می کنیم:

$$T = \frac{\sum n}{n} \times \frac{A}{100}$$

در صورتی که فقط یک مشاهده داشته باشیم:

$$T = n \times \frac{A}{100}$$

T: زمان نرمال
$\sum n$: مجموع زمانهای اندازه‌گیری شده یک عمل
n: تعداد دفعات اندازه‌گیری

۲۷

شکل ۶ـ ۵ـ قسمتهای مختلف زمان انجام کار

(۷ـ ۵) و غیره.

سازمان جزء تجهیز (tzn): این زمان بیشتر برای مسائل پیش‌بینی‌ناپذیر صرف می‌شود که در هنگام تجهیز پیش می‌آید و می‌توان گفت که این زمان تا حدودی به شخص کارگر بستگی دارد، مثلاً یک کارگر ورزیده و کارآمد زمان کمتری برای نقشه‌خوانی نیاز داشته ممکن است که برای ساخت قطعه کار نیازی به مذاکره با سرپرست قسمت برای راهنمایی نداشته باشد.

سازمان انجام کار برای چند قطعه مشابه بدون درنظر گرفتن زمان تجهیز (tn): این زمان صرف ساختن چند قطعه متشابهی خواهد شد که زمان تجهیز برای آنها مقدار معینی است؛ چون

تقریباً زمان تجهیز برای ساختن چند **قطعه** کار مشابه مقدار ثابتی است.) مثلاً زمان رنگ باشی چند **قطعهٔ** مشابه برابر است با حاصل ضرب زمان محاسبه شده یک **قطعه** در تعداد آنها تا زمان انجام کار برای چند **قطعه** مشابه به دست آید.

ـ **تعداد قطعات مشابه** (n): تعداد **قطعات** مشابهی است که عملیات روی آنها به وسیله یک ماشین صورت می‌گیرد.

ـ **زمان کار برای هر قطعه** (tz): زمانی که برای هر **قطعه** صرف می‌شود. شامل دو قسمت زمان جزء و زمان مبنا خواهد بود که در این‌جا به شرح آنها می‌پردازیم:

شکل ۷ـ ۸ـ تنظیم دستگاه گندگی

ـ **زمان جزء** (tv): زمانی است که برخلاف مبنا کارگر بدون پیش‌بینی صرف می‌شود. مثل روغنکاری، تعویض یا تیز کردن تیغه‌ها، رفع احتیاجات شخصی و غیره.

ـ **زمان مبنا** (tg): زمان مبنا نیز به دو قسمت زمان اصلی انجام کار و زمان فرعی تقسیم می‌شود:

ـ **زمان فرعی** (tn): زمانی است که بدون پیشرفت مستقیم برای انجام کار لازم است؛ مانند: اندازه‌گیری و کنترل **قطعه** کار، جابه‌جا کردن **قطعه** کار، مانند باندکردن و روی دستگاه قرار دادن و به عکس (شکل ۸ـ۵). در هنگام کم کنی زمان بستن هر **قطعه** روی دستگاه و باز کردن آن.

تعیین زمان انجام کار

ـ عملیات به وسیلهٔ دستگاه مته شکل (۹ـ۵) با دسته‌های اهرمی با کارگر مربوط صورت می‌گیرد.

شکل ۹ـ ۵

ـ زمانهای ارائه شده با کرنومتر برای ۱۰ نمونه انجام گردیده و میانگین هر مرحله به این صورت گزارش شده است.

ـ هر پایه چهار عدد فاق لازم دارد و برای هر فاق یک بار پایه **قطعه** کار روی دستگاه پست شود.

ـ زمان اصلی تجهیز (tzg) با تنظیم دستگاه ۸ دقیقه؛

ـ زمان جزء تجهیز (tzv) ۱۰ درصد زمان اصلی تجهیز؛

ـ زمان اصلی انجام کار (th) صرفاً عمل ایجاد یک فاق، ۱۰ ثانیه با ضریب عملکرد ۹۰٪

ـ زمان فرعی (tn) تنظیم هر بار **قطعه** کار برای عمل یک فاق ۱۰ ثانیه با ضریب عملکرد ۷۰٪

ـ زمان جزء (tv) زمان غیر پیش‌بینی یا بیکاری مجاز هر ۱۰ عدد پایه ۱ دقیقه.

$$\left.\begin{array}{l} tzg = 8\,min \\ tzv = 8 \times \frac{10}{100} = 0/8\,min \end{array}\right\} \Rightarrow tz = tzg + tzv = 8 + 0/8 = 8/8\,min$$

شکل ۸ـ ۸ـ مراحل حرکت برای گندگی کردن قطعات

ـ **زمان اصلی انجام کار** (th): زمانی است که منحصراً عملیات مربوطه انجام می‌شود (بدون درنظر گرفتن کلیه زمانهای اضافی و فرعی و غیره).

به طور خلاصه با توجه به مطالب یاد شده می‌توان گفت: تعیین زمان استاندارد به روش زمان سنجی با کرنومتر در چهار مرحله انجام می گیرد:

۱ـ تقسیم کار به اجزای کوچک؛

۲ـ تعیین زمان هر جزء با توجه به ضریب عملکرد مربوط به آن؛

۳ـ تبدیل زمان مشاهده‌ای هر جزء به زمان نرمال؛

۴ـ جمع کردن زمان نرمال اجزای مختلف کار و اضافه کردن بیکاریهای مجاز به آنها.

مثال:

زمان نرمال عملیات فاق‌زنی ۴۰۰ پایه متعلق به ۱۰۰ عدد میز عسلی را به دست آورید؛ در صورتی که:

۲۷