مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۴، جلد ۱، ص. ۶۸-۵۵

آموزش ماشینهای الکتریکی

جواد فیض

استادگروه مهندسی برق و کامپیوتر دانشکده فنی دانشگاه تهران

و عضو وابسته مواد فرهنگستان علوم

چکیده : در این مقاله مسائل و مشکلات مربوط به آموزش ماشینهای الکتریکی از دیدگاه دانشگاه و صنعت مورد بررسی قرار گرفته است. طراحی، بهره‌برداری، آینده‌نگری و نوگرایی در این آموزش مطرح و مورد بحث واقع شده است و مواردی ذکر شده‌اند که می‌توانند آموزش ماشینهای الکتریکی را بهبود بخشند.

واژه‌های کلیدی: آموزش، مهندسی برق، ماشینهای الکتریکی، شبیه‌سازی، بهره‌برداری.

۱. مقدمه

موضوع فشرده‌ای نظیر آموزش ماشینهای الکتریکی بایستی با تکیه بر تجربیات درازمدتی که در طی تدریس آن حاصل شده مورد بررسی قرار گیرد. به طور کلی باید مشخص کرد که چگونه می‌توان روشهای موجود را به سهولت به یک طرح جدید تبدیل کرد که همراه با حداقل آشفتگی برای دانشجویان، اعضای هیأت علمی و صنعت جذب کننده فارغ‌التحصیلان باشد. به هر حال این اصلاحات بایستی بر اساس برنامه‌های درازمدت صنعتی کشور انجام شده و در ضمن وضعیت‌های گذرای احتمالی آینده نیز مد نظر قرار گیرد.

مبحث ماشینهای الکتریکی سالهاست که به صورت یک موضوع کلاسیک مطرح می‌شود و دانشجویان با وجود انتخاب آن، آن را موضوعی با فن‌آوری پیشرفته تلقی نمی‌کنند و از این رو به آموزش آن رغبت چندانی نشان نمی‌دهند [۱]. این امر به‌خصوص در کشورهای غربی باعث شده است که صنایع، با فقدان مهندسین کارآمد در این زمینه مواجه شوند. از این رو دوره‌های ماشینهای الکتریکی باید به گونه‌ای نوسازی شوند که به خواسته مدرن‌سازی ذهنیت دانشجو از این درس پاسخ دهند. عوامل متعددی محرک این نوسازی اند که از جمله تغییرات در نگرش دانشجو، رقابت داخلی، نوسازی آزمایشگاه‌ها و تغییر در دورنماهای استخدامی را می‌توان برشمرد. بررسی اجمالی کتابهای درسی مهم ماشینهای الکتریکی نشان می‌دهد که به موضوع ماشین به صورت یک روش "دستگاهی" و نه بر اساس گسترش نظری نگریسته شده است. در واقع یافتن یک توصیف یا حتی بحث مختصر در مورد چارچوب نظری کلی که موضوع را شرح می‌دهد دشوار است. البته در این مورد چند استثنا وجود دارد و آن کتابهای [۲] و [۳] و [۴] هستند که تا حدودی روش جامع موضوع را حفظ کرده‌اند. کتاب قدیمی [۵] هم قابل ذکر است.

اصولاً دو گروه عمده در صنعت، با ماشینهای الکتریکی سر و کار دارند. گروه اول مهندسان طراحی که مسئولیت ماشینهای الکتریکی و تجهیزات مربوطه را بر عهده دارند. این گروه مسئول ساخت ماشینی هستند که تعدادی مشخصه مورد نظر و قابل پیش‌بینی را دارا باشد. گروه دوم مهندسان کاربر و بهره‌بردار ماشینها هستند. این گروه کار خود را از مشخصه‌های کاری موتور آغاز می‌کنند و ماشین را به سیستمی وارد می‌سازند که کار مورد نظر خود را انجام دهند. این کارها می‌توانند تولید هوای فشرده، نورد ورق فولادی با دقت تعیین شده، ساخت یک تنظیم‌کننده ولتاژ و غیره باشند.

هنگام آموزش نظری ماشینهای الکتریکی، لزومی ندارد که بین دو گروه فوق‌الذکر تمایزی قائل شد. در واقع این دو گروه باید شناخت و آگاهی کافی و بایسته از فعالیتها، روشها و مشکلات همدیگر داشته باشند. سازندگان ماشینهای الکتریکی در صنعت روشهای جاری خود را برای طراحی جزئیات ماشینها و سیستمها به کار می‌برند. با توجه به امکانات محاسباتی، رایانه‌ای و ظهور موارد جدید، این روشها در حال بهبودند و احتمالاً مطرح ساختن جزئیات مزبور در سطح دانشگاهی چندان مناسب نیست. بدین ترتیب ممکن است دانش‌آموختگان به هنگام کار در صنعت روشهای بسیار متفاوت با آنهایی راکه در دانشگاه آموخته‌اند دنبال کنند. در آموزش نظری در دانشگاه نباید به راه حلهای جزئی که مختص مهندسان و کارخانجات است پرداخت. از سوی دیگر آموزش نباید به مواردی از ماشین سوق داده شود که در آنها راه حلهای کامل، دقیق و معتبر برای بیش از یک مجموعه پیش‌بینی گردیده است.

چند عامل وجود دارند که سال به سال اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند:

۱. افزایش میزان دستیابی به اطلاعات فنی جدید و کهنه شدن اطلاعات فنی موجود.

۲. تقسیم شکلهایی از فعالیت که توسط ماشین انجام می‌شود و توسط مهندسان کاربر و بهره‌بردار مطرح می‌گردند.

۳. ورود PC ها و Workstation های فراوان و پرقدرت در دانشگاهها و صنایع.

۴. گسترش روزافزون نرم‌افزارهای محاسباتی قوی قابل استفاده در آموزش و صنایع.

۵. ظهور مواد مغناطیسی، الکتریکی و عایقی جدید در صنعت.

این عوامل با یکدیگر در ارتباط بوده و ضمن کاربردهای جدید برای ماشینهای موجود، گسترش ماشینهای نوین را ممکن می‌سازند [۶]. بنابراین طراحان قدم به میدانی می‌گذارند که در آن با مسائل جدیدی درگیر می‌شوند و بدیهی است که تجربه بسیار اندکی در این موارد دارند. ناچار آنان باید پیش از همه چیز بر تئوری اساسی ماشینهای الکتریکی تکیه کنند. این قبیل طراحان باید بر اصول کار ماشین مسلط باشند و آموزش نظریه‌ها و ایده‌های مشکل ماشینی احتمالاً مانع اندیشیدن آنان در آینده خواهد شد که این مسئله مغایر با اهداف نهایی صنعت است.

همواره بحثهایی در مورد تقدم و تأخر نظریه‌های ماشینهای الکتریکی و ریاضیات مرتبط با آن مطرح بوده است. گرچه ریاضیات به خودی خود نمی‌تواند به صورت مناسب برای توضیح کار ماشین به کار رود، ولی بر خلاف مفاهیم فیزیکی، ریاضیات فراتر از ایده‌های فرد گسترش می‌یابد

و رخدادهای ممکن در داخل ماشینهای الکتریکی را پیش‌بینی می‌کند. بدین ترتیب در همین تحلیل ریاضی بایستی مفاهیم فیزیکی تئوری ماشین مطرح شود.

معادله‌های تخصصی که برای بیان کار ماشینهای الکتریکی به کار می‌روند از تئوری مقدماتی الکترومغناطیسی نشأت می‌گیرند و شکلی بسیار پیچیده دارند [۶]، به گونه‌ای که ریاضیات مربوط به روش مستقیم خارج از حوصله اغلب مهندسان برق است. از این رو ایجاد فرمولهای ساده برای هر حالت خاص لازم است. اگر درس ریاضی، دانشجو را قادر به استفاده از معادلات ماکسوئل سازد، این معادله‌ها تحت شرایط حدی خاصی به کار رفته و وی را راغب می‌کنند که به بررسی بیشتر مفاهیم در کار ماشینهای الکتریکی بپردازد. شکلهای دیگر ریاضیات مانند دترمینانها، ماتریسها و تانسورها در زمان آموزش به دانشجو به صورت خطی درآمده و آموزش بعدی تئوری ماشین را به صورت ساده‌تری در می‌آورد. این شکل از ریاضیات هنگامی که ارتباط ماشینهای الکتریکی با سیستمهای دیگر مورد توجه است مفیدتر خواهد بود [۷].

توجه به این نکته لازم است که در موارد متعددی از مطالعه ماشینهای الکتریکی، کاربرد ساده ریاضیات اعتبار ندارد. کاربرد مزبور تنها زمانی درست است که ماشین واقعی به صورت ساده شده و ایده‌آل مطرح گردد. در ماشینهای واقعی مسائلی مانند اشباع، تغییرات پارامترها، کموتاسیون، هارمونیکها و دیگر پدیده‌های فیزیکی وجود دارند که درک درست کار ماشینها با ملحوظ کردن تمام این موارد امکان‌پذیر می‌شود. این موارد غالباً به آزمایشهای عملی هم نیاز دارند تا بتوان عملکرد ماشین با ترتیبات مختلف را بررسی کرد. سپس از تحلیل ماتریسی استفاده کرده و نتیجه را با نتایج عملی مقایسه نمود [۸].

رایانه‌ها بیش از تمام رشته‌ها در آموزش شاخه مهندسی به کار گرفته می‌شود. امروزه دانشجویان انتظار دارند که از رایانه به‌عنوان وسیله‌ای استفاده شود که فهم نقطه‌نظرهای ادراکی هر موضوعی را ممکن ساخته و تحلیل و طراحی را تسهیل نماید. به کارگیری شبیه‌سازی رایانه‌ای می‌تواند باعث تحریک علاقه دانشجویان به ماشینهای الکتریکی شود. برای پردازش اطلاعات و کنترل در آزمایشگاههای ماشین می‌توان از رایانه بهره گرفت [۱۱-۹]. توجه کنید که شبیه‌سازی مکمل آزمایشگاه است نه جانشین آن [۱ و ۱۲] و منابع محاسباتی را می‌توان در دوره‌های آموزش ماشینهای الکتریکی ملحوظ کرد تا دانشجویان از تحلیل اجزاء محدود و شبیه‌سازی تابع زمان استفاده کنند. استفاده از نرم‌افزار MATLAB در شبیه‌سازی ماشینهای القایی و سنکرون و حل

حالت پایدار و گذرای ماشین بسیار رایج شده است [۱۳]. تئوری جامع ماشینهای الکتریکی نیز به کمک نرم‌افزار قابل آموزش است [۱۴]. بسته‌های نرم‌افزاری Spread Sheet برای اتوماسیون محاسبات حالت پایدار ماشین گزارش شده است [۱۵].

به کمک رایانه می‌توان از سه دسته منابع به صورت گسترده‌ای جهت آموزش ماشینهای الکتریکی، محرکه‌ها و میدانهای الکترومغناطیسی مربوطه استفاده کرد [۱۶]:

۱. منابع کمکی که الکترومغناطیس محاسباتی و نمودارهای رایانه‌ای را در بر دارد و به وسیله آنها توزیع میدانهای مغناطیسی در مقاطع مختلف هسته‌ها و فواصل هوایی ماشینهای الکتریکی و سپس منحنی‌های عملکرد ماشین از روی آنها تعیین می‌شود. از این منحنی‌ها می‌توان برای کمک به فهم عمیق‌تر مفاهیم فیزیکی ماشینها استفاده کرد. مثلاً می‌توان میدان چرخان ماشینهای القایی و سنکرون را به نمایش درآورد.

۲. استفاده از قابلیت دانشجو در انجام محاسبات پارامترهای ماشینهای الکتریکی با ملحوظ کردن اثرات غیرخطی میدان مثل اندوکتانس سیم‌پیچ، ولتاژهای القایی و روشهای تقریبی قانون اهم در مغناطیس. دانشجو با ایجاد مدلهای ساده FE مهارتهای خود را افزایش داده و آماده حل مسائل پیچیده‌تر مهندسی می‌شود.

۳. سومین دسته از منابع، مستلزم استفاده از مدلهای شبکه‌ای پارامتر فشرده فضای حالت تابع زمان است. این پارامتر از محاسبات FE میدان مغناطیسی به‌دست می‌آید. چنین مدلهایی را می‌توان برای شبیه‌سازی عملکرد ماشینها در حالت پایدار و با ورودی غیرسینوسی به کار برد [۱۷ و ۱۸].

۲. طراحی ماشینهای الکتریکی

بدیهی است که نمی‌توان دوره‌های آموزشی دانشگاه را صرفاً به پرورش مهندسان طراح یا مهندسان کاربر و بهره‌بردار استوار ساخت، بلکه این دوره‌ها باید عمومی و اساسی باشند. دانشجو باید زمینه دانش عمومی مهندسی و نه نکات خاص را فراگیرد. وظیفهٔ عمدهٔ دانشگاه آن است که چگونه فکرکردن را به دانشجو بیاموزد. گرچه حقایق را می‌توان به آسانی از کتابهای درسی به‌دست آورد ولی به هر حال روشن نمودن این حقایق نیز از اهمیت برخوردار است.

در برنامه آموزشی مهندسی برق تئوری ماشین به شکل یک سری حقیقت آموزش داده

می‌شود. در بیشتر حالات حقایق ویژه نامربوط این احساس را به دانشجو القاء می‌کند که همه چیز در مورد ماشینهای الکتریکی و حتی طراحی آنها معلوم است و جای اندکی برای کار ابتکاری در بخش طراحی وجود دارد. روشهای آموزش و طراحی، بیشتر دانشجویانی را که اندیشه طراحی ماشینهای الکتریکی را به عنوان "کار جالب" در سر می‌پرورانند، سرجای خود می‌نشاند. این قبیل دانشجویان مشاهده می‌کنند که در شاخه‌های الکترونیک، دیجیتال و کامپیوتر شغلهای مهیج و مسحورکننده‌تری وجود دارند و ارائه کار جالب با محتوای اندک، بسیار آسانتر صورت می‌گیرد. بدبختانه چنین گرایشی به درون بخشهای طراحی نیز نفوذ کرده است. دانشجوی در حال کارآموزی در بخش طراحی، تحت تأثیر دیدگاههایی قرار دارد که در دانشکده آموزش دیده است. روشهای طراحی سالها قبل تدوین شده و با ایمان دنبال می‌شوند. در اکثر موارد، دلایل مراحل معین به کار رفته و چگونگی معادلات تجربی استنتاجی برای مهندس، شناخته شده نیست و به‌جز مواقعی که کارآموز ذهن پویایی دارد، روشها را می‌پذیرد و بخش طراحی را بدون رضایت خاطر ترک می‌کند.

فقط دانشجوی با ذهن پویاست که به عمق روشهای طراحی نفوذ می‌کند، و صرفاً دانشجوی با قابلیت متوسط به بالاست که قادر است کاری را که به صورت استاندارد پذیرفته شده مجدداً اثبات کرده و گسترش دهد. لکن ممکن است دانشجوی متوسط به بالا با روشهای طراحی ماشینهای الکتریکی که در دانشکده آموخته، از آن فراری شده باشد. اما اگر او با مهندسی در صنعت برخورد داشته باشد که ضمن توضیح روشهای قدیمی، راههای جدید را به وی نشان دهد، امکان آینده‌ای امیدبخش در بخش طراحی را پیش روی خود خواهد دید. تعداد طراحان از این دسته واقعاً اندک است، روز به روز از تعداد فارغ‌التحصیلان ممتازی که به بخش طراحی ماشینهای الکتریکی جذب می‌شوند کاسته شده و در نتیجه صنعت دچار آسیب و زیان خواهد شد.

تئوری ماشین پیچیده است و محاسبات دستی معادلات حاصل طاقت‌فرساست. تعداد اندکی از مهندسان در مورد اصول ماشینهای الکتریکی درکی به حد کافی دارند و عملاً قادر به بیان عملکرد ماشینها به کمک معادلات نیستند. حتی مهندسان کمتری این قابلیت را دارند که معادلات منتج از مبانی ماشینهای الکتریکی را به‌دست آورده و مناسب محاسبات بعدی کنند. پیچیدگی معادلات دقیق منجر به اعمال تقریبهایی می‌شود و عموماً معادلات تقریبی به کار می‌روند. بررسی و محاسبات زیاد بعدی معلوم می‌کنند که این تقریبها توجیه‌پذیرند. وقتی که با مسئله جدیدی از

ماشینهای الکتریکی مواجه می‌شویم، معادلات دقیق آن به‌دست می‌آید و بلافاصله اعمال نوع تقریبها روشن نیست و این امر منجر به انجام محاسبات اندک بر روی مسائل جدید ماشینهای الکتریکی می‌شود. تذکر این نکته لازم است که اغلب، ارزیابی معادلات پیچیده یک ماشین کوچک سریعتر صورت می‌گیرد [۱۹].

مهندس جوانی که دفعتاً به بخش طراحی ماشین وارد می‌شود حس و درک چندانی از طراحی ندارد و باید محصول تمام شده را بپذیرد. از طرف دیگر طراح ماهر دارای حس قوی طراحی که ماحصل سالها تجربه اوست، ولی نمی‌تواند آن را به شخص دیگر انتقال دهد. طراح، عملکرد ماشین را بر مبنای معادلات مشاهده کرده و به چگونگی تغییر ثوابتی که این عملکرد را بهبود بخشد می‌اندیشد. در انواع ماشینهای پیچیده‌تر، تنها راه ممکن، ارزیابی معادلات است و آزمایش مدلها و تلاش در ارزیابی عملکرد ماشینها با تغییر ثوابت آنها بسیار دشوار می‌نماید.

امروزه مهندس بایستی قادر به نوشتن معادلات هر نوع ماشین و لحاظ کردن اثرات مربوط به غیرخطی بودن باشد. خوشبختانه با گسترش کاربرد کامپیوتر در کارهای روزمره بخش طراحی و افزایش قدرت محاسباتی آن، مهندسان وقت بیشتری برای انجام کارهای توسعه‌ای و بسط دانش خود پیدا کرده‌اند. حل معادلات توسط رایانه به مهندس جوان کمک می‌کند که دید عمیق و سریعتری نسبت به رفتار ماشین بیابد [۲۰]. این امر به‌ویژه زمانی که ایده‌های جدید و با تغییرات ساده ثوابت طراحی ماشین مطرح است مفهوم پیدا می‌کند و بهره‌گیری از "سیستمهای خبره" نویدبخش استفاده هوشمندانه از رایانه در طراحی ماشینهای الکتریکی است [۲۱]. بدین ترتیب افزایش آموزش نرم‌افزار رایانه‌ای برای آماده‌سازی بیشتر طراحان قابل توصیه است [۲۲].

سرانجام دانشکده‌ها باید تعداد مورد نیاز از دانشجویان مستعد را به بخش طراحی ماشینهای الکتریکی سوق دهند. عدم گرایش به عرصهٔ طراحی، صنایع را در آینده فاقد مهندسان طراحی برای گسترش فن‌آوری در شاخه ماشینهای الکتریکی خواهد کرد.

۳. به کارگیری و بهره‌برداری از ماشینهای الکتریکی

در به کارگیری و بهره‌برداری از ماشینهای الکتریکی، دانستن مشخصه‌های کار ماشین و چگونگی قرارگیری ماشین در یک سیستم امری لازم است و لزومی به پرداختن به جزئیات طراحی وجود

ندارد. در واقع وقتی مشخصه‌های کارکرد حالت پایدار ماشین معلوم باشد لزومی به اطلاع دقیق از تئوری ماشین نیست. مهندس کاربر و بهره‌بردار باید بداند که چگونه سرعت یا خروجی ماشین را کنترل کند، زیرا در اکثر ماشینهای امروزی این دو نوع کنترل معمول است.

اگرچه معادلات مربوط به رفتار گذرای ماشینهای الکتریکی در کتابهای متعددی وجود دارد، لیکن این معادلات چندان شناخته شده و سرراست نیستند. مهندس باید بتواند پس از درک و تشخیص معادلات، آنها را به کمک رایانه حل کند. باید بین کاربرد معادلات و فهم و گسترش آنها تفاوت قائل شد.

دورهٔ آموزشی برای مهندسان کاربر و بهره‌بردار بایستی حاوی مطالب زیر باشد:

۱. اساس ساختار مکانیکی ماشینها

۲. شناخت انواع ماشینها و مشخصه‌های کار پایدار و گذرای آنها

۳. چگونگی تغییر سرعت و خروجی و در صورت امکان اقتصاد ماشینها، بدون استفاده از تئوری ماشین

۴. چگونگی به‌دست آوردن مشخصه‌ها و ثوابت طراحی، بدون پرداختن به جزئیات طراحی. در این مورد تئوری جامع ایده‌آل است

۵. بررسی اثر اشباع و غیرخطی بودن بر کارکرد ماشینها.

ذکر این نکته لازم است که روشی که تئوری جامع بر اساس آن تدریس می‌شود به دانش ریاضی و قابلیت دانشجویان بستگی دارد و ممکن است از یک دانشکده تا دانشکده دیگر تغییر کند.

دوره درسی که برای کاربرد و بهره‌برداری طراحی شده، برای مهندس طراح هم مناسب است، با این تفاوت که مهندس طراح یک مرحله اضافی هم لازم دارد. در این مرحله اضافی مفاهیم پیشرفته تئوری ماشین گسترش داده می‌شود. برای به کارگیری تئوری جامع در بخش طراحی آیا به‌جز استنتاج روابط دقیق‌تر برای برنامه‌نویسی کامپیوتری راه دیگری وجود دارد؟ به هر حال فکر کردن بر حسب ماشین جامع و استفاده از روشهای ماتریسی راه حل سریعی را عرضه می‌کند. مثالهای زیادی می‌توان یافت که در آنها از جبر ماتریسی استفاده شده، معادلات به کمک روشهای جامع استنتاج شده و با این معادلات ماتریسی توسعه و اصلاح به سرعت به انجام رسیده است [۳].

۴. آینده‌نگری در آموزش

در برنامه‌ریزی درسی تغییرات کنونی و آتی باید مدنظر قرار گیرند. نکات عمده زیر در این مورد قابل ذکرند:

۱. نیاز به افراد فنی بیشتر که حرفه آنان نظیر حرفه‌های امروزی نیست.

۲. قابلیت دسترسی به گنجینه عظیمی از دانش فنی که احتمالاً توسط هر دانشجویی قابل جذب نیست.

۳. میزان توسعه و تغییر داده‌ها برای بروزکردن یا کنارگذاشتن آنها.

۴. کنارگذاشتن بعضی روشها و مرور بر آنچه موجود است، به‌منظور پیشرفت تسهیلات رایانه‌ای.

۵. نگرشهای نوینی که به تدریج مهندسان در مسئولیتهای خود پیدا می‌کنند.

بدیهی است که نباید آموزش اطلاعات به‌هنگام خود به‌عنوان هدف مطرح شود بلکه به‌جای آن به‌دست آوردن، پردازش و انتقال اطلاعات به مهندس آموزش داده شود اطلاعاتی که در هر موقعیتی با آنها سر و کار خواهد داشت. بدین ترتیب امکان جهت‌دادن به یک مهندس در زمینه تخصصی بسیار سهل‌تر خواهد بود و او همان روشهای آموزش دانشگاهی را همراه با اطلاعات جدید، به کارگرفته و قادر به انجام وظایف دیگر می‌شود. امروزه بیشتر مهندسان با انواع اطلاعات، مقالات فنی، اصول و تئوریهای جدید، نتایج آزمایشگاهی و تجربی، گسترش مواد و فرایندهای جدید و نیز ملزومات جدید در مورد انواع دستگاهها مواجه هستند. اگر دانشجو را در مراحل اولیه آماده سازیم که سازماندهی مؤثر و کارآمد مجموعه‌های اطلاعاتی را انجام دهد، از انباشته‌شدن این مجموعه جلوگیری کرده و کاربرد مؤثر آنها را ممکن ساخته‌ایم. در این آموزش او باید یاد بگیرد که چگونه:

۱. منابع و مآخذ اطلاعاتی مورد نیاز را پیدا کند؛

۲. چگونه از آنها بهره گیری نماید؛

۳. اطلاعات را به صورت مؤثر و کارآمد خلاصه کند؛

۴. سیستم مرجع برای اطلاعات و خلاصه‌ها را تکامل بخشد؛

۵. در صورت لزوم سیستم خود را نو کند.

سرانجام این مورد باید آموزش داده شود که چگونه از اطلاعات مورد نیاز برای مسئله یا مورد خاصی از ماشینهای الکتریکی استفاده کنیم.

با توجه به اینکه زمان، تأثیری بر روی علوم پایه ندارد، راه عملی روبه‌رو شدن با آینده، آموزش صحیح و دقیق علوم پایه است، و انتخاب در این موارد به بخش آزمایشگاهی آن محدود می‌شود. مرحله آخر آموزش باید مستلزم برخی اطلاعات باشد و فرایندهای اساسی تفکر و ریاضیات با واقعیتها ارتباط داده شوند. با تعمیم روش مزبور می‌توان سرفصلها را به صورت زیر ترتیب داد:

۱. روش مهندسی

روش مهندسی شامل فلسفه و منطق عمومی مهندسی با محتوایی از قبیل: ریاضیات، منابع انرژی، اصول تبدیل انرژی، اندازه‌گیریها، معنای دقت و محدودیتهای انسانی خواهد بود.

۲. پروژه‌های مهندسی

اجزاء اساسی فوق را می‌توان به طور همزمان به شکل پروژه‌های نظری (و نه لزوماً عملی) مطرح ساخت. این کار را می‌توان فراسوی آموزش معمولی انجام داد. دانشجو در این مرحله محدودیتهای موجود را درک خواهد کرد. این مرحله به‌طور طبیعی به مطالعه اقتصادی منتهی می‌شود که انجام خوب و دقیق آن در اکثر پروژه‌ها لازم است.

۳. کار مهندسی

سرانجام دانشجو با کار در آزمایشگاهها و کارگاهها، کار بر روی دستگاههای معمولی و نیز کار توسعه‌ای بر روی دستگاههای منتخب، می‌تواند مهندسی را بشناسد. وی در تماس مستقیم با افراد دست‌اندرکار صنایع و نیز بازدید مستمر و برنامه‌ریزی شده از صنایع مرتبط، از وضعیت صنایع مطلع می‌شود. اهمیت این مرحله تعیین اصول واقعی در پیشبرد طراحی وسایل مورد نظر (و نه خود دستگاه) است و دستگاهی باید مورد بررسی قرار گیرد که تا حد ممکن محدوده وسیعی از علایق را در بر گیرد.

اندکی از مسئله اصلی یعنی آموزش تئوری ماشینهای الکتریکی دور شدیم. کل ایده تئوری الکترومغناطیسی را می‌توان با ماشین جامع (به‌عنوان مثال کاری) آموزش داد. تئوری امواج الکترومغناطیسی که باید اساس مهندسی برق تلقی گردد، غالباً به صورت ضعیفی آموزش داده می‌شود. در واقع به ندرت از معادلات ماکسول در ماشینهای الکتریکی و خطوط انتقال ذکری به

میان می‌آید. Alger [۲۳] نشان داده است که فرایند تبدیل انرژی در دو سر فاصله هوایی موتور القایی مثل انتقال امواج رادیویی از میان خلاء است. این ایده از تئوری ماشین باید در کارهای پیشرفته تئوری و عملی دوره‌های تحصیلات تکمیلی مورد توجه قرار گیرد.

سرانجام باید از تفکر محدود خارج شده و به سطحی ارتقاء پیدا کرد که چارچوبهای جدیدی ایجاد شود، یعنی همان مسیری که در ریاضیات جدید طی شد. در این فضای جدید است که دانشجو مجاز به استفاده از قدرت خلاقیت و گسترش قدرت خود می‌گردد.

۵. نتیجه گیری

یکی از اهداف مطالعه حاضر بررسی نحوه ارتباط نیازهای آینده صنعت با آموزش ماشینهای الکتریکی بود. چگونگی بهره گیری از امکانات محاسباتی و رایانه‌ای برای عملی ساختن آموزش مقبولتر و مناسبتر مطرح شد. بدون شک وسایل آموزشی و محاسباتی جدیدتر در آینده با سهولت بیشتری در دسترس قرار خواهند گرفت و بنابراین امکانات افزاینده‌ای برای بهره گیری از تواناییهای آنها در آموزش فراهم خواهد شد. وظیفه‌ای که اکنون بر عهده مهندسان برق می‌باشد شناسایی کارهای مربوط به ماشینهای الکتریکی در صنعت و انعکاس آنها به دست‌اندرکاران تدوین برنامه‌های آموزشی است تا با فراهم شدن دانش و تجربه انبوه، برنامه‌های ارزشمندتری عرضه شود. در تدوین این برنامه‌ها باید به بهسازی آن توجه ویژه مبذول شود و با بهره گیری از سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای موجود دوره‌هایی ارائه گردد که هیجان کافی برای انتخاب دانشجو را فراهم سازد.

مراجع

1. M.H. Nehnir, F. Fatehi and V. Genez, Computer Modeling for enhancing intruction of Electric Machinery, IEEE Trans. and Education, Vol. 38, pp. 166-176, May 1995.
2. P.C. Krause and O. Wasynczuk, Electramechanical Motion Devices, New York, McGraw-Hill, 1986.
3. P.C. Krause, O. Wasynczuk and S.D. Sudhoff, Analysis of Electric Machines, New York, IEEE Press, 1995.

4. A.E. Fitzgerald, C. Kengsley and S.D. Umoms, Electric Machinery, New York, McGraw-Hill, 1990.
5. G.J. Thaler and M.L. Wilcox, Electric Machines: Dynamics and Steady State, New York, Wiley, 1996.
6. S.R.H. Haale, Computer Aided Analysis and Design of Electromagnetic Devices, New York, Elsevier, 1990.
7. Y. Yu, Electric Power System Dynamic, Academic Press, USA, 1983.
8. J Faiz and A.R. Seifi, Dynamic Analysis of Induction Motors with saturable ??? , International Jurnal of Electric Power Systems Research, Elsevier, Vol. 34, pp. 205-210, 1995.
9. A.J. Goetz, Introducing computers to the undergraduate machinery laboratory computer control of a dc generator and motor, IEEE Trans. on Power Apparates and Systems, Vol. PAS-103, No. 7, July 1984.
10. S.J. Ranade, An automated data acquisction and processing system a sing personal for an undergraduate electric machinery laboratory, IEEE Trans, on Power Systems, Vol. 4, No. 1, Jan. 1989.
11. M.H. Nehnir, A.J. Odermann and B.D. Bowen, A microcomputer microprocess on based dc motor speed controller for undergraduate electric machinery laboratory, IEEE Trans. an Eduction, Vol. 33, No. 4, Nov. 1990.
12. J. Faiz and S. Ghasemzadeh, Teaching aids for electrical machines laboratory, Journal of Computer Applications in Engineering Education, John Wiley & Sons, Vol. 1, No. 5, pp. 455-461, 1994.
13. Riaz, Computer aided teaching of electric machines using MATLAB, Proc, of International Aegean Conf. an Electric machines, Turkey, May 1992.
14. J. Faiz and M.A. Khodadadi, Electrical machines computer pakage based on generalized theory of electrical machines, Proc. of the International Aegean Conf. on Electrical Machines and Power Electronics, Kusadasi,

Turkey, pp. 618-623, May 27-29, 1992.

15. T.F. Chan, Analysis of electrical machines using symphony, IEEE Trans. on Education, Vol. 35, Feb. 1992.
16. N.A. Demerdash et. al., Teaching eletric machinery and associated electromagnetic fulds - A case for the benefits of academic computing, IEEE Trans. an Education, Vol. 36, No. 2, pp. 240-249, May 1993.
17. N.A. Demerdash, T.M. Hijazi and A.A. Arkadan, Computational of winding ??? of pn bushless DC motors with windings by energy perturbation, IEEE Trans. and Energy Conversion, Vol. EC-3, pp. 705-713, 1988.
18. T.W. Nehl, N.A. Demerdash and F.A. Fauad, Impact of winding inductances and other parameters on the design and performance of bushless DC motors, IEEE Trans. an PAS, Vol. PAS-104, pp. 2206-2213, 1985.
19. C.G. Veinatt, Theory and design of small motors, Veinatt Publishers, USA, 1986.
20. J.R. Smith, Response analysis of AC electrical machines computer modules and simulation, John Wiley & Sons, USA, 1990.
21. C.F. Lnady, R. Kaplan and V. Lan, An expent system for the design of 2-phase squirnel cage induction motors, IEEE 3rd International Computer and Electrical Machines and Dhiles, London, 1987.
22. R. Belindns et. al, Computer aided engineering in electrical machines, IEEE Computer Aided Engineering Journal, Vol. 6, No. 4, pp. 128-132, 1989.
23. P.L. Alger, Induction machines, 2nd Ed., Gordon and Brench Science Publishers, USA, 1975.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۷۸/۱۱/۱۸)