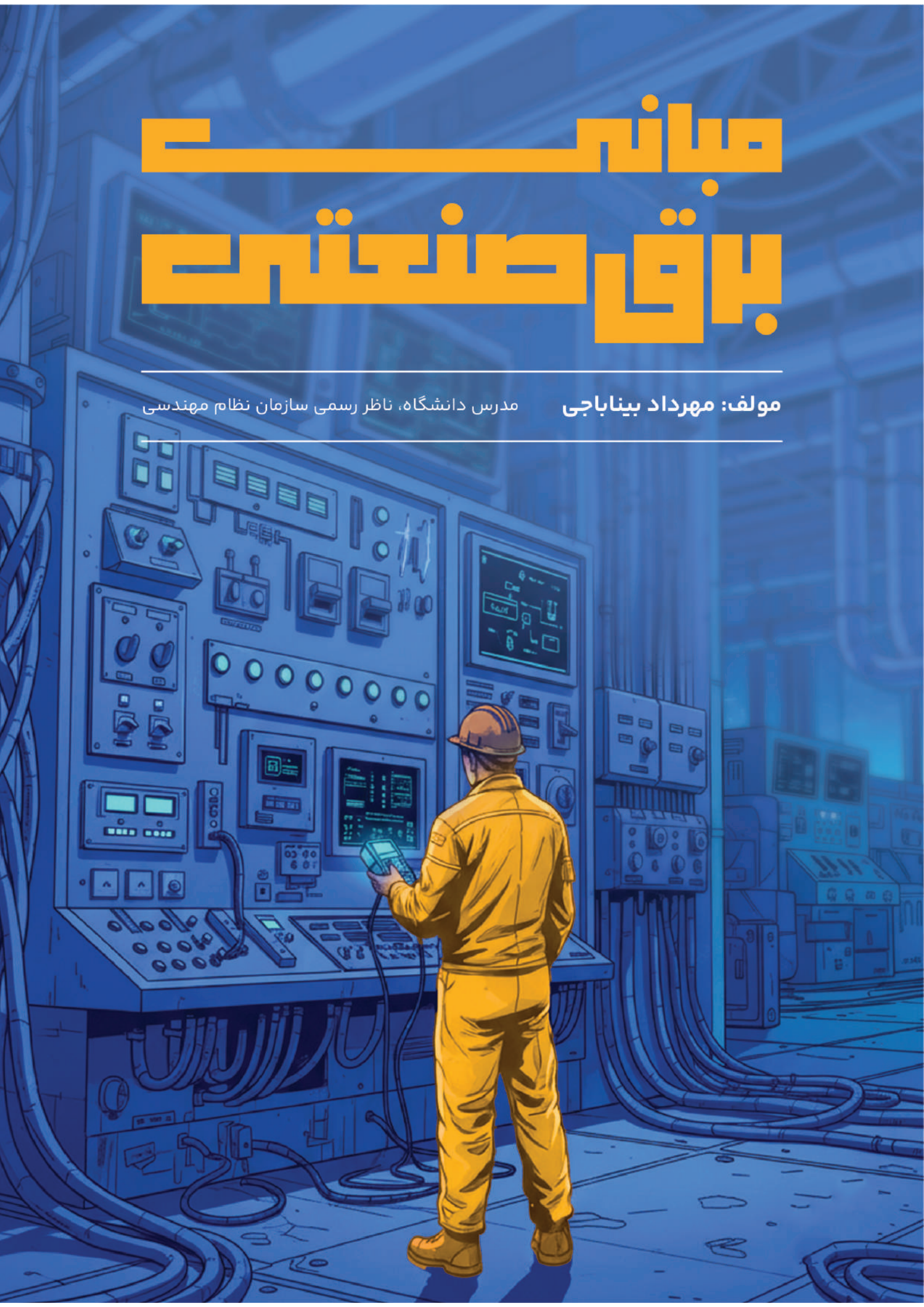


مساند برق صنعتی

مدرس دانشگاه، ناظر رسمی سازمان نظام مهندسی

مolf: مهرداد بیناجی



مبانی برق صنعتی

مهندس مهرداد بیناجی



فاز منطفه



انديشده روابط بين الملل

سرشناسه: بیناباجی، مهرداد، ۱۳۶۹-

عنوان و نام پدیدآور: مبانی برق صنعتی / مهرداد بیناباجی؛ ویراستار مریم فتحی.
مشخصات نشر: تهران: اندیشکده صنایع نرم: اندیشکده روابط بین‌الملل، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری: [۲۴۷] ص.: مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۷۳۹-۰۹-۰

وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا

یادداشت: کتابنامه: ص. [۲۴۷].

موضوع: مهندسی برق / Electrical engineering

الکترونیک صنعتی / Industrial electronics

رده‌بندی کنگره: TK۱۴۵

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۳

شماره کتابشناسی ملی: ۱۰۲۸۸۱۹۷

مبانی برق صنعتی

مولف: مهندس مهرداد بیناباجی

صفحه‌آرا: عاطفه خزلی

ویراستار: مریم فتحی

ناشر: اندیشکده صنایع نرم

با همکاری اندیشکده روابط بین‌الملل

تعداد صفحات: ۲۴۷ ص.

تعداد: ۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول / ۱۴۰۴

تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۵۶۴۵۴۶۳

پست الکترونیکی: irtt.ir@gmail.com

قیمت: ۳۹۰,۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۷۳۹-۰۹-۰

فهرست مطالب (Table of Contents)

| | |
|----|---------------------------------------------------------------------|
| ۱۱ | پیشگفتار |
| ۱۳ | مقدمه |
| ۱۵ | فصل اول: مبانی و مقدمات (Fundamentals & Introduction) |
| ۱۵ | مقدمه (Introduction) |
| ۱۹ | تفاوت برق ساختمان و برق صنعتی (Building vs. Industrial Electricity) |
| ۲۰ | ولتاژ چیست؟ (What is Voltage?) |
| ۲۳ | جریان چیست؟ (What is Current?) |
| ۲۴ | نیروی الکترواستاتیک (Electrostatic Force) |
| ۲۵ | شدت جریان الکتریکی (Electric Current Intensity) |
| ۲۵ | بار الکتریکی (Electric Charge) |
| ۲۸ | سرعت الکترون (Electron Velocity) |
| ۲۹ | فصل دوم: روش‌های تولید الکتریسیته (Electricity Generation Methods) |
| ۳۲ | تیربو الکتریک (Trieboelectric Effect) |
| ۳۴ | پیزو الکتریک (Piezoelectric Effect) |
| ۳۶ | ترمواکتریک (Thermoelectric Effect) |
| ۳۷ | فتو الکتریک (Photoelectric Effect) |
| ۳۸ | الکتروشیمیایی (Electrochemical) |
| ۳۹ | الکترومغناطیسی (Electromagnetic) |

| | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| ۴۲ | فصل سوم: مقاومت، خازن و سلف (Resistor, Capacitor & Inductor) |
| ۴۴ | آشنایی با مقاومت (Introduction to Resistors) |
| ۴۵ | آشنایی با خازن (Introduction to Capacitors) |
| ۴۵ | آشنایی با سلف (Introduction to Inductors) |
| ۴۶ | قانون اهم (Ohm's Law) |
| ۴۶ | کاربردهای صنعتی (Industrial Applications) |
| ۴۷ | مقاومت الکتریکی (Electrical Resistance) |
| ۴۹ | انواع مقاومت (Types of Resistors) |
| ۵۲ | رنگ‌بندی مقاومت (Resistor Color Code) |
| ۵۳ | مقاومت متغیر (Variable Resistor) |
| ۵۳ | مستقل و وابسته (Independent & Dependent Resistors) |
| ۵۶ | عوامل مؤثر بر مقاومت (Factors Affecting Resistance) |
| ۵۶ | اثر دما بر مقاومت (Temperature Effect on Resistance) |
| ۵۹ | اتصالات سری و موازی v (Series & Parallel Connections) |
| ۶۲ | اتصال ستاره و مثلث (Star-Delta Connection) |
| ۸۰ | فصل چهارم: منابع و مدارهای DC (Voltage & Current Sources in DC Circuits) |
| ۸۲ | منابع ولتاژ و جریان (Voltage & Current Sources) |
| ۸۳ | اتصالات منابع ولتاژ (Voltage Source Connections) |
| ۸۴ | اتصال سری و موازی در باتری (Series & Parallel Battery Connection) |
| ۸۵ | آمپر ساعت و ظرفیت باتری (Ampere-Hour & Battery Capacity) |
| ۸۸ | توان و انرژی الکتریکی (Power & Energy) |
| ۸۹ | جریان AC/DC (AC/DC Current) |
| ۹۰ | رفتار سلف، خازن و مقاومت در DC (R, L, C Behavior in DC) |
| ۹۱ | خازن در DC (Capacitor in DC) |
| ۹۳ | سلف در DC (Capacitor in DC) |
| ۹۶ | امپدانس (Impedance) |
| ۹۸ | ادمیتانس و کنداکتانس (Admittance & Conductance) |

| | |
|-----|---------------------------------------------------------------------|
| ۹۹ | فصل پنجم: ایمنی و خطرات جریان (Electrical Safety & Hazards) |
| ۱۰۱ | جریان و ولتاژ خطرناک برای انسان (Dangerous Voltage & Current) |
| ۱۰۲ | مقایسه خطرات AC/DC (AC vs. DC Hazards) |
| ۱۰۳ | آستانه خطر جریان (Current Thresholds in Body) |
| ۱۰۳ | مدت زمان تماس (Contact Duration) |
| ۱۰۵ | مسیر عبور جریان (Path of Current through Body) |
| ۱۰۶ | فصل ششم: سیستم تک فاز و سه فاز (Single-phase & Three-phase Systems) |
| ۱۰۸ | سیستم تک فاز (Single-phase System) |
| ۱۰۸ | سیستم سه فاز (Three-phase System) |
| ۱۰۹ | چرا سیستم سه سیمه؟ (Why 3-Wire System?) |
| ۱۰۹ | تعادل هندسی ولتاژ و جریان (Voltage & Current Balance) |
| ۱۱۰ | اختلاف فاز (Phase Difference) |
| ۱۱۵ | فصل هفتم: توان در AC (Power in AC Circuits) |
| ۱۱۷ | ولتاژ و جریان متناوب (AC Voltage & Current) |
| ۱۱۷ | توان متناوب (AC Power) |
| ۱۱۷ | راکتانس (Reactance) |
| ۱۱۷ | راکتانس خازنی و سلفی (Capacitive & Inductive Reactance) |
| ۱۱۸ | تعریف توان (Definition of Power) |
| ۱۱۸ | انتقال توان (Power Transmission) |
| ۱۲۶ | توان اکتیو و راکتیو (Active & Reactive Power) |
| ۱۲۸ | ضریب توان (Power Factor) |
| ۱۲۸ | توان ظاهری (Apparent Power) |
| ۱۳۱ | فصل هشتم: مبانی سه فاز (Three-phase Fundamentals) |
| ۱۳۳ | تولید ولتاژ سه فاز (Generation of 3-Phase Voltage) |
| ۱۳۵ | اتصالات مدار سه فاز (Three-phase Connections) |
| ۱۳۸ | مزایای سه فاز نسبت به تک فاز (Advantages of 3-Phase) |
| ۱۳۹ | توان در سه فاز (Power in 3-Phase) |

| | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ۱۳۹ | سیستم متعادل و نامتعادل (Balanced & Unbalanced Systems) |
| فصل نهم: ولتاژ مؤثر و RMS (Effective Voltage & RMS) | |
| ۱۴۱ | RMS (Effective Voltage & RMS) |
| ۱۴۳ | تفاوت (Difference Between KW & KVA و KW) |
| ۱۴۵ | ولتاژ لحظه‌ای و متوسط (Instantaneous & Average Voltage) |
| ۱۴۶ | دوره تناوب و فرکانس (Period & Frequency) |
| ۱۴۷ | طول موج (Wavelength) |
| ۱۵۴ | ولتاژ مؤثر (RMS (Root Mean Square Voltage) |
| فصل دهم: ترانسفورماتورها (Transformers) | |
| ۱۵۹ | چرا ترانسفورماتور اهمیت دارد؟ (Why Transformers Matter?) |
| ۱۶۲ | تاریخچه ترانسفورماتور (History of Transformers) |
| ۱۶۲ | انواع ترانسفورماتور (Types of Transformers) |
| ۱۶۳ | ساختمان و اصول کار (Structure & Working Principle) |
| ۱۶۸ | سیم‌پیچ‌ها (Windings) |
| ۱۷۱ | تلفات (Losses) |
| ۱۷۵ | مدار معادل (Equivalent Circuit) |
| ۱۷۶ | اتصالات (Connections) |
| ۱۸۱ | خازن در صنعت (Capacitors in Industry) |
| ۱۸۲ | ساختار فیزیکی خازن (Physical Structure of Capacitor) |
| ۱۸۳ | انرژی ذخیره شده (Stored Energy) |
| ۱۸۳ | خازن راه‌انداز و دائم کار (Starting & Running Capacitors) |
| ۱۸۹ | خازن قدرت و بانک خازن (Power Capacitor & Capacitor Bank) |
| ۱۹۴ | محاسبات خازن (Capacitor Calculations) |
| فصل یازدهم: هارمونیک‌ها (Harmonics) | |
| ۲۰۰ | هارمونیک چیست؟ (What are Harmonics?) |
| ۲۰۱ | تلفات و رزونانس (Losses & Resonance) |
| ۲۰۳ | تأثیر بر بانک خازن (Impact on Capacitor Bank) |
| ۲۰۵ | شکل موج هارمونیک (Harmonic Waveforms) |

| | |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۲۰۶ | ضریب توان (Power Factor Clarification) و PF |
| ۲۱۱ | روش‌های مقابله با هارمونیک‌ها در سیستم‌های قدرت |
| ۲۲۰ | فصل دوازدهم: مبانی کابل‌شناسی (Cable Fundamentals) |
| ۲۲۲ | اهمیت علائم کابل (Importance of Cable Codes) |
| ۲۲۲ | علائم اختصاری و کدگذاری (Symbols & Coding) |
| ۲۲۳ | انتخاب سطح مقطع (Cross-sectional Area Selection) |
| ۲۲۷ | انواع کابل در صنعت (Types of Industrial Cables) |
| ۲۲۹ | کلاس‌بندی کابل‌ها (Cable Classification) |
| ۲۳۷ | کابل شبکه و زوجی (Network & Pair Cables) |
| ۲۴۲ | تبدیل واحدها (Unit Conversions) |
| ۲۴۷ | منابع |

فایرمنظفه

پیشگفتار

برق صنعتی تنها یک شاخه از مهندسی برق نیست؛ مسیری است پر از تجربه، یادگیری و تلاش که سال‌ها همراه من بوده و هرروز افق تازه‌ای پیش‌رویم گشوده است. گستردگی این حوزه و نقش پررنگ آن در پیشرفت صنعت و اقتصاد کشور انگیزه‌ای شد تا این کتاب شکل بگیرد. کتابی که هدفش تنها بیان مباحث نظری نیست، بلکه می‌خواهد پلی میان دانش دانشگاهی و واقعیت‌های صنعت بسازد.

در نگارش این مجموعه تلاش کرده‌ام مفاهیم پایه‌ای و علمی را با تجربه‌های میدانی درآمیزم. چراکه باور دارم مبانی برق صنعتی را نمی‌توان تنها در جزوه‌ها و کلاس‌ها آموخت. این دانش زمانی معنا پیدا می‌کند که در میدان کار لمس شود، با چالش‌ها روبه‌رو گردد و از دل آزمون و خطا به دست آید. بسیاری از دانشجویان پس از ورود به صنعت، با پرسش‌هایی مواجه می‌شوند که پاسخ آن‌ها کمتر در کتاب‌های درسی یافت می‌شود. همین خلأ انگیزه‌ای شد تا بخشی از آموخته‌ها و تجربه‌هایم را با شما به اشتراک بگذارم. در این مسیر، مجموعه فرا منطقه تنها یک حامی نبود، بلکه باهم‌فکری، تخصص و تجربه کارشناسان خود، به غنای علمی و عملی کتاب افزود و سبب شد محتوای آن بیش‌ازپیش با نیازهای واقعی صنعت هماهنگ گردد. همراهی این مجموعه، این اثر را از یک متن صرفاً آموزشی به منبعی کاربردی‌تر و نزدیک‌تر به فضای صنعت تبدیل کرد.

امیدوارم این کتاب برای شما چراغی روشن در مسیر یادگیری باشد. راهنمایی که هم در دوران دانشجویی همراهمان بماند و هم هنگام ورود به محیط‌های صنعتی دستتان را بگیرد. باور دارم آینده صنعت برق کشور در گرو دانش، پشتکار و خلاقیت شماست. اگر این نوشته بتواند حتی اندکی از مسیر

پریپچوخم پیش‌رو را روشن‌تر کند، رسالت خود را انجام داده‌ام و سهم کوچکی در ساختن آینده‌ای بهتر برای صنعت برق ایران داشته‌ام.

با احترام

مهرداد بیناباجی

با سپاس از حمایت و همراهی مجموعه فرا منطقه

گر در طلب لقمه نانی نانی / گر در طلب گوهر کانی کانی

این نکته رمز اگر بدانی دانی / هر چیز که اندر پی آنی آنی

مقدمه

گام اول در سیستم‌های تأسیسات الکتریکی به‌عنوان شروع درزمینه نصب و راه‌اندازی، عیب‌یابی یا تعمیر و نگهداری و یا نظارت و طراحی فهم درست و کاربردی، مفاهیم برقی است. اینکه یک مهندس برق کار و یا دانش‌آموز و دانشجو بداند مبانی اولیه برق و فیزیک مربوط به تأسیسات چیست؟ لازم است فرد فراگیر ابتدای امر در مورد مفاهیم ولتاژ، جریان و توان‌های الکتریکی همچنین نحوه تولید، توزیع و انتقال نیروی الکتریکی بداند.

این مفاهیم به فرد فراگیر کمک می‌کند تا اولاً با علم و دانش بنیادین بیشتری مطالب را بیاموزد و همچنین در نحوه بیان مشکلات به افراد راحت‌تر عمل کند. چراکه معمولاً یک مهندس یا برق‌کار حرفه‌ای باید موارد و مشکلات سنگین برقی را با زبان ساده برای کارفرما، رئیس و یا مشتری بازگو کند تا فرد مجاب به سرمایه‌گذاری، استخدام و ... شود.

این کتاب با نام مبانی برق در قالب یک معلم قرار است به‌گونه‌ای به شما کمک کند تا مطالب پایه‌ای برق را تا جای ممکن کامل و جامع فرا بگیرید که در صنعت و ساختمان و شبکه‌های برق مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما مهم است برای بهتر و حرفه‌ای‌تر شدن همراه با خواندن کتاب حتماً کار عملی و تجربی انجام دهید و صرفاً خواندن مطالب تئوری را در پیش نگیرید. این نکته بسیار مهمی است که باید به آن دقت شود. حرفه برق ساختمان و برق صنعتی بدون کار عملی و بدون اجرای فیزیکی در هوای سرد و گرم به‌خوبی آموزش داده نمی‌شود. شما باید آچار به‌دست باشید و موارد سیم‌بندی، لوله‌گذاری و سیم‌کشی و سربندی را تجربه کنید تا در صنعت برق ساختمان حرفی برای گفتن داشته باشید.

در اینجا سوالی مطرح می‌شود آیا صرفاً با کار عملی به صورت تجربی، با استادکار می‌توان خوب آموزش دید و حرفه‌ای شد؟!

جواب این است؛ بله می‌توان خوب آموزش دید ولی حرفه‌ای شدن، خیر. به نوعی کار عملی لازم است ولی کافی نیست.

در دنیای امروز با رشد تکنولوژی و صنعت سیستم‌های برقی نمی‌توان همه موارد را تجربی یاد گرفت و سیم‌بندی کرد.

در گذشته مجموعه محدودی از مدارات وجود داشتند تا یک فراگیر با کار کردن در کنار یک استادکار می‌توانست بعد از مدت یک یا دو سال موارد را آموزش ببیند و جذب بازار کار شود، اما امروزه سیستم‌های جدید با ارتباطی که با سیستم‌های کامپیوتری و دیگر تجهیزات پیدا کرده‌اند نیاز به ابزارهای خاص فنی و دانش خاص دارند و به همین جهت لازم است حتماً فراگیر رشته برق ساختمان، مطالب فنی را به صورت تئوری و عملی در کنار هم آموزش ببیند. هرچند که برای برخی این موضوع سخت است، ولی اگر به دنبال حرفه‌ای شدن هستید بایستی موارد تئوری و عملی را در کنار هم یاد بگیرید.

سیستم‌های خانگی هوشمند، اعلام حریق، شبکه، دوربین‌های مداربسته نسل جدید، اعلام سرقت و آیفون‌های تصویری تحت شبکه، تلوزیون‌های IP و ... در حال به‌روزرشدن هستند، دانش فنی آکادمیک و همچنین تا حدی زبان تخصصی برق برای نصب و راه‌اندازی و عیب‌یابی این سیستم‌ها واجب است.

اما آیا این کتاب قرار است همه موارد جدید و به‌روز را آموزش دهد؟

جواب تاحدی بله است. اما هیچ مرجعی نمی‌تواند ادعا کند که تمام موارد برق ساختمان را می‌تواند در یک کتاب یا آموزش بگنجاند.

سعی من بر این است ماهی‌گیری را یادتان دهم تا بتوانید نقشه راه را پیدا کنید. و به‌وسیله نقشه‌خوانی، کاتالوگ بخوانید و جست‌وجو و تحقیق کنید تا بهترین و پیشرفته‌ترین سیستم‌ها را نصب و راه‌اندازی کنید.

امروزه با توجه به آموزش و نقش پررنگ آن در ارتقای صنعت برق
هموطن عزیز

مجموعه فرامنطقه با نگاهی مسئولانه و تعهدی اخلاقی همواره
کوشیده در مسیر گسترش دانش و افزایش آگاهی همراه علاقه‌مندان
باشد. این مجموعه با همکاری اساتید و دانش‌آموختگان صنعت برق،
تجربه‌ها و مهارت‌های ارزشمند خود را در اختیار دانشجویان و فعالان
این حوزه قرار داده تا زمینه‌ای برای رشد، یادگیری و به‌روز نگه داشتن
دانش جمعی فراهم شود. هدف اصلی تنها انتقال اطلاعات نیست،
بلکه ایجاد بستری است که در آن مهارت‌های کاربردی تقویت شده و
توانمندی‌های نوین پرورش یابد. در همین راستا، کتاب حاضر با
رویکردی آموزشی و کاربردی به بیان مفاهیم بنیادین مبانی برق
صنعتی همچون تعاریف ولتاژ و جریان، تأثیر توان اکتیو و راکتیو،
اهمیت هارمونیک‌ها، ضرورت بانک خازن و مباحث کابل‌شناسی
پرداخته است تا پلی میان دانش نظری و نیازهای واقعی صنعت ایجاد
کند.