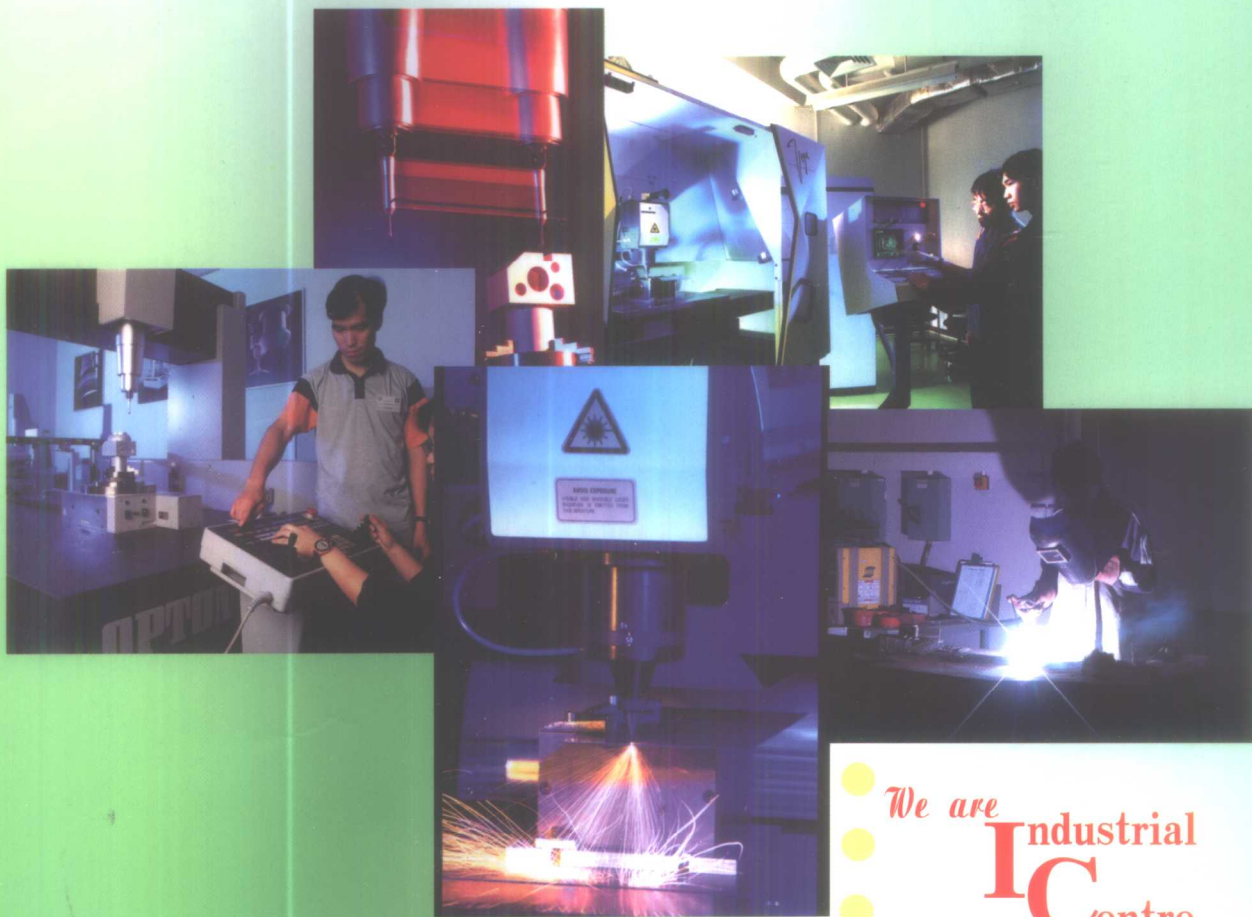


现代工业训练

教程



电气工程

东南大学出版社

We are
Industrial
Centre

编者：
胡骏德
何平原 马沧海

丛书主编：
严岱年 刘惠文

电 气 工 程

胡骏德(南京航空航天大学)

何平原 马沧海(香港理工大学)

东南大学出版社

·南 京·

图书在版编目(CIP)数据

电气工程/胡骏德等编著. —南京:东南大学出版社, 2001. 10

现代工业训练教程

ISBN 7-81050-678-1

I. 电... II. 胡... III. 电气工程-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 35707 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:7.75 字数:194 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

全套总定价(19 分册):250.00 元

序

香港理工大学素与内地多所学府及机构合作无间,在学术研究及人才培养方面取得重大发展,增进了我校与内地各界的沟通 and 了解。这些合作及经验,又为彼此日后的其他合作奠下良好的基础,生生不已。

据了解,内地很多学府也在筹办类似香港理工大学工业中心的训练单位,以配合工业及经济发展,因而对工业训练知识的需求也相应提高。《现代工业训练教程》这套丛书是结集我校工业中心与内地多所著名学府的工程师及学者的经验及知识所编写而成,内容不但广涉各种工业工艺知识,更具体介绍工业中心的训练目的、内容、编排、要求及考评等,相信对于内地的工业训练中心有一定的参考价值。

香港理工大学一直很鼓励各学系及部门参与这些跨地合作,借此加强对内地有关单位及社会的认识,并提升自己的教学水平。这套丛书对工业界及学术界带来的具体影响或许言之尚早,但有一些是可以肯定的:这套丛书是香港及内地很多学者、工程师及出版工作者的心血,应会为关心现代工业训练的社会人士带来很大的启发及知识的扩展。单单是这一点便值得我们鼓掌。

中国现正在经济及工业高速发展的巨轮上奋力向前,我相信这种合作必定会愈来愈多,合作的内容及形式也愈来愈广,而最终也必可为中国的经济及社会发展作出贡献。

香港理工大学校长



2001年6月

《现代工业训练教程》

编委会名单

顾 问

梁天培 香港理工大学副校长
吕新荣 香港理工大学副校长
伍贻兆 南京航空航天大学副校长
林萍华 东南大学副校长
程肖彭 南京金陵科技专修学院院长
黄炽雄 香港九龙总商会副理事长

编委会主任

黄河清 (香港理工大学工业中心总监)

主 编

严岱年(南京航空航天大学) 刘惠文(香港理工大学)

编 委

傅水根(清华大学)	刘友和(华南理工大学)
朱锦标(香港理工大学)	潘瑞光(香港理工大学)
楼佩煌(南京航空航天大学)	秦卫红(东南大学)
谭惠民(香港理工大学)	郭永强(香港理工大学)

秘 书

陈嘉燕(香港理工大学)

前 言

“架起教学科研与生产之间的桥梁”

——国家教育部副部长韦钰博士

一九九六年九月赠香港理工大学工业中心

1. “学贵于行,不贵于知”

知识的追求是千古以来文人的终身目标及职责。古人为了高中状元,现代人为了找份好工作,也同样寒窗苦读,时代虽不同,目的却一致。

然而,现在的社会要比以前复杂得多。古人只要在考试中名列前茅,便能取得一官半职,但现在的毕业生即使拿到学位却不代表可以找到份好工作。

这种现象在现今的工业界尤为明显。事实上,雇主对毕业生的期望已不仅是成绩优异那么简单。为何有这样的分别呢?

现在让我们先来听听一些专业人士的意见。

1995年6月《工程科学与教育》杂志对一个国际工程教育论坛上众多工业家的发言作了以下的总结:

- 现时的教育制度制造了过多的专家而太少通才;
 - 课本内容往往与工业需求脱节;
 - 许多工科课程忽略了培养团队合作技巧;
 - 太多毕业生不懂得融会贯通跨学科知识。
- 一份由重组工程顾问 James Martin & Co 作的调查报告中指出:
- 百分之七十六的受访雇主认为丰富的实践经验比学术成绩更为重要;
 - 实习培养了他们(毕业生)与同事及下属沟通的能力。

答案原来是:实践!

2. 理论与实践:相辅相成

课堂上的教育大多是理论性的,缺乏实践的机会与锻炼。这个后果极为严重。现今许多教育工作者均指出若在大学课程的编排上出现理论和实践的失衡,将会造成非常严重的后果。在英国工科教授会议中一篇题为《工科学士教育的未来模式》的论文中提出工科教育

的本质如下:

- 应该集中精力于知识转移技能和基本原理的理解,而非单纯吸收知识。此外,还要提供实践的机会与动力。

- 教育的目标应促使学生动脑思考,有胆识冲破现有的知识桎梏,并揉合知识、技能、理解能力与经验来解决问题。如此一来,学生将终生受益于这种独立的学习能力。

- 课堂并不是一个传授巩固概念理解的理想途径。

在澳洲一份题为《转变中的文化:未来教育体系》的报告中指出:“将来的课程设计必须为学生在知识和技能方面打下坚实的基础,使他们在面对重大工程设计挑战时,懂得把课堂学到的知识和技能在各种的规范中揉合出可行及理想的解决方案。”

在1992年世界工科教育会议声明公告中提出彻底改革工科学位课程内容和结构的必要性,并阐明“工程学就是讲究动手,完成目标和灵活性”,而“课程设计须突出工程抉择的重要角色,让学生得到广泛的实践解决现实问题的锻炼机会,并引入商业思维”。

剑桥大学的教育系主任 David Hargreaves 教授公开批评传统的课堂教育贻误了不少青年,使他们对就业准备不足。他甚至认为“学徒式教育比课堂式教育来得更自然,更有效率”。

由此可见,传统的课堂式教育实在有不完善的地方,而实践训练就刚好弥补其不足,两者相辅相成,缺一不可。

3. 工业中心的实习:质量并重

工业中心提供的实习主要包括技能实习及项目实习。

技能实习主要是透过综合训练使学员对个别工业工序、设备仪器及工艺技巧有所认识。例如老师会要求学员制造一件产品,而制造过程中需要学员学会多种工艺。这种训练不但会较为有趣,而且学员在学习个别工艺的同时,更可以综观整个生产流程,了解个中的生产程序、流程设计、工序之间的相互关系及矛盾。

项目实习是要学员分成小组并担当不同角色,共同完成一个制造或建筑工程项目。在合作的过程中,他们会学到许多非常实用但难以在课堂理论中教授的知识,例如决策的制定、项目及风险的评估、团队合作以及与人沟通的能力,从而培养及促进他们的知识、技能以及终生学习的态度的发展。这些项目有部分是由私人机构委托工业中心进行的项目,给予学员的真实感会更大,而学员对于这些项目的参与往往会更投入。

工业中心对于两类实习均十分重视。如果没有技能实习,学员就难以完成项目实习;如果没有项目实习,技能实习所学到的知识就无法巩固和延续。工业界对于工业中心的训练均有高度的评价,在上文提及由重组工程顾问 James Martin & Co 作的调查报告中指出“雇主相当重视具有实践经验的理大毕业生”,而“理大应该保持实习与理论课程之间的平衡以维持这方面的优势”。

以往很多院校的实习训练较注重技能方面的重复训练,而忽略了项目的实务训练,这不但减低学员学习到其他更广泛的知识的机会,更直接影响到学员毕业以后踏入工作岗位时的适应期。学员离开了熟悉的校园环境,投入社会及工作,这是一个很大的转变。一个介乎

就业工作与学校的实习环境是解决问题的较佳的方案。项目实习训练令学员置身于一个介乎工作与学习的环境中,他们同样需要应付工作上遇到成本控制、风险管理、流程管理、人力资源、时间控制等等的问题,承担工作责任及所带来的压力,但同时亦有导师在旁教导提点。有了这些经验及知识,可大大减少学员毕业后在工作初期所遇到的冲击及问题。

4. 实践教育的素质

实践教育与理论教育同样都在改革及转变。实践教育不单是教导学员技术层面的知识,而是透过各种技能及项目实习教育来培养学员的思想素质。

以往的教育是注重“教”,是单向式的,学员只是单纯地吸收知识。这种教育方式较为乏味,也令学员处于被动状态。工业中心提倡的教育是注重“问”,是教导学员问得正确,而不是答得正确;通过学员的“问”来启发他们的思维及创意。这种教育方式大大提高了学员的主动性及思考性,因为懂得发问其实是一个高深的学问,而现今很多受过高深教育的人也未必懂得发问或问得正确。

要配合“问”这种教育方式,工业中心必须提高教育的素质,如课程的水准、设计、设备及学习环境等,使学员在一个设备完善及富启发性的环境下学习。如上文提及的实务训练,是一个很好的训练方法。我们在内容设计方面会制造一些困难给学员,或故意令他们碰壁,使他们自发地发问及找寻解决的方法去完成项目。通过这个过程,学员能学会以自己的能力去解决困难,与人合作及相处的精神。

我们的教育目标是通过技术、流程及产品的设计和学习,启迪学员的创意,推动发明。在工业中心里,教师与学员是共同学习,只有共同学习才会使彼此共同进步。我们的学习与教育是一条流动的河流,河水每天都保持清新活力;反之,只注重“教”的教育是井水,停流不动,困在一个狭窄的空间,那又何来创新进步?

5. 结语

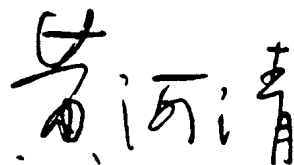
《现代工业训练教程》结集了有关工艺资料以及工业中心的训练方法、内容和计划,对于从事工科及高校训练有重大的帮助。这套教程的主编严岱年教授及刘惠文工程师在过去的两年花费不少宝贵时间及精力在教程的统筹及联系工作上。严岱年教授在大陆从事高校训练工作数十年,更在工业中心与我共事数载,对于香港及大陆的训练工作也很有心得。严教授早年出版了一本名为《现代工业训练楷模》,内容以工业中心的训练内容为主,推出后反应热烈,也加强了我們推出《现代工业训练教程》的信心。而刘惠文工程师在香港工业训练方面也有二十多年经验,对于个别工艺更有其独特心得。刘工程师及严教授二人认识多年,在工业训练上有很多相同的见解,亦经常在学术及工业训练方面交流,对于这套教程的编审统筹有很大的帮助。

这套教程得以面世实有赖众多编者、主编、顾问、编委等等的努力。由于这套教程的编者包括中港两地的学者,需要两地编者的密切沟通,因此,编写过程中花费的时间与精力尤其多。为了令这套书的素质有所保证,两地的编者及主编也不厌其烦地重复审阅书稿多次,而各丛书顾问亦在百忙当中抽空给予这套教程宝贵的意见。在此我谨向这套教程各位工作

人员、编委及顾问致以最衷心的感谢。

香港及大陆对工科训练工作有理想的人确实很多,我们希望这套教程会带给他们一些启发,共同为中国的工科训练事业作出贡献。

香港理工大学工业中心总监

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Au Ho Qing' in a stylized cursive script.

2001年6月

主编的话

随着知识经济时代的到来,中国经济的持续高速发展,加入 WTO 步伐的加快,我国内地的高等教育比以往任何时候都更加重视对学生创新意识和创新能力的培养。在这样的大背景下,许多院校,尤其是一些已进入国家“211 工程”的著名学府,都在着力加强学生的现代工业训练。许多院校在策划、调整工业训练的体制、机构和训练内容、训练方法时都十分重视香港理工大学工业中心的成功经验。《现代工业训练的楷模——香港理工大学工业中心》一书(严岱年编著,东南大学出版社 1997 年 10 月出版)的出版使有关人士在现代工业训练的理念和香港理工大学工业中心的架构、运作等方面有了更深入的了解。在此基础上人们还想更多地了解香港理工大学现代工业训练的内容、计划和方法,以至香港理工大学工业中心的训练教材。

香港理工大学工业中心并没有一本完整的包容所有训练内容的教材,而只是对应每一项技术都有一本用英文自编的阅读及训练指导材料。其特点是紧密贴合训练内容,文字简明扼要,篇幅不多。学生如要进一步深入了解和掌握相应的技术,还需要阅读其他参考资料。

为了介绍香港理工大学工业中心的训练教材,我们最初曾想简单地采用将每册阅读及训练指导材料翻译成中文的方法。后来采纳了香港和内地资深专业人士的建议,重新编写成今天您所看到的这种内容结构。全套丛书分 5 卷 19 分册,这是考虑到各学系的训练内容不同,这样做便于“各取所需”,使用方便。绝大多数分册在结构上都由两部分组成,即前面的部分是香港理工大学工业中心教师用英文编写的训练内容、计划和方法,后一部分则是内地教师用中文编写的技术内容。前一部分如实反映了香港理工大学工业训练的运作,后一部分与香港理工大学工业中心的阅读及训练指导材料相比,内容作了适当拓宽和加深。在这套丛书中只有《安全技术与管理》和《机械制造自动化》2 个分册与上述结构有所差异。《安全技术与管理》是由香港方面编写,内地教师翻译的。而“机械制造自动化”由于是一项涵盖了多项技术,并有连续性的综合训练项目,因此该分册把香港理工大学的训练内容、计划和方法与技术内容交叉纵贯全册,没有以英文单列。

本套丛书香港方面的编者均是在香港理工大学工业中心多年从事工业训练的资深人士,他们中有高级工程师、主任工程师、工程师和培训主任;内地编者则是来自南京航空航天大学 and 东南大学的教授、副教授、高级工程师。有多位内地编者还曾在香港理工大学工业中心或香港企业工作过,对香港理工大学工业中心及其工业训练有较多的了解。

这里我们要感谢东南大学出版社的徐启平总编,是他提出了编写出版这套丛书的建议,并在编写和出版的整个过程中做了大量的组织工作。

这套丛书的出版承蒙香港理工大学、南京航空航天大学、东南大学和南京金陵科技专修学院的鼎力支持。香港九龙总商会暨理事长汤国华先生和港九塑胶制造商联合会暨前主席

黄汉梁先生解囊相助,在此一并表示衷心的感谢。

这套丛书涉及的科技门类极为广泛,受编者知识面和学术水平所限,疏漏和错误在所难免,敬请读者赐教和斧正。

主 编

严岱年(南京航空航天大学)

刘惠文(香港理工大学)

2001年6月

目 录

0	Practical Training in IC	(1)
1	低压电器	(11)
1.1	概述	(11)
1.2	低压电器的综合要求	(11)
1.2.1	配电电器的通断能力和通断条件	(11)
1.2.2	控制电器的通断能力	(12)
1.2.3	电器的动稳定性与热稳定性	(12)
1.3	配电线路与用电设备的保护	(12)
1.3.1	过流保护	(13)
1.3.2	欠压和失压保护	(13)
1.3.3	缺相保护	(14)
1.3.4	漏电保护	(14)
1.3.5	保护特性的配合	(15)
1.3.6	选择性保护问题	(15)
1.4	常用低压电器	(16)
1.4.1	常用低压电器分类方法	(16)
1.4.2	继电器	(17)
1.4.3	热继电器	(20)
1.4.4	时间继电器	(22)
1.4.5	接触器	(22)
1.4.6	主令电器	(24)
1.4.7	熔断器	(25)
2	电动机	(31)
2.1	电力拖动系统运动方程	(31)
2.1.1	运动方程	(31)
2.1.2	多轴系统工作机构转矩和飞轮矩的折算	(32)
2.1.3	负载转矩特性	(35)
2.1.4	电力拖动系统的稳定条件	(36)
2.1.5	电动机的选择	(36)
2.2	直流电动机	(38)
2.2.1	直流电动机的主要结构	(38)
2.2.2	他励式直流电动机的运行原理	(39)

2.2.3	他励电动机的机械特性	(41)
2.2.4	他励电动机的运行状态	(45)
2.3	交流电动机	(49)
2.3.1	三相异步电动机的结构	(49)
2.3.2	三相异步电动机转子旋转时的电磁关系	(50)
2.3.3	三相异步电动机的功率与转矩	(52)
2.3.4	三相交流异步电动机的机械特性	(53)
2.3.5	人为机械特性	(54)
2.3.6	机械特性的实用表达式	(55)
2.3.7	三相异步电动机的起动与制动	(56)
2.3.8	三相异步电动机变频调速的问题	(57)
3	可编程序控制器	(62)
3.1	概述	(62)
3.2	可编程序控制器的特点	(62)
3.3	可编程序控制器的基本组成	(63)
3.3.1	中央处理单元	(63)
3.3.2	存储器	(63)
3.3.3	输入/输出组件	(63)
3.3.4	编程器	(64)
3.3.5	外部设备	(64)
3.4	可编程序控制器的工作原理	(64)
3.4.1	基本原理	(64)
3.4.2	巡回扫描原理	(64)
3.4.3	建立 I/O 映象区	(65)
3.4.4	输入输出操作	(65)
3.5	可编程序控制器的技术性能	(65)
3.5.1	CPU 的类型	(66)
3.5.2	存储器容量	(66)
3.5.3	扫描周期	(66)
3.5.4	编程语言	(66)
3.5.5	I/O 响应时间	(67)
3.6	可编程序控制器的几种编程语言	(67)
3.6.1	梯形图编程	(67)
3.6.2	命令语句表达式编程	(68)
3.6.3	其它编程语言	(69)
3.7	F 系列可编程序控制器的内部结构	(69)
3.7.1	内部结构	(69)
3.7.2	F 系列指令系统	(71)

3.7.3	PC应用实例	(77)
4	变压器	(84)
4.1	概述	(84)
4.2	变压器的类型	(84)
4.2.1	按变压器的工作频率划分	(84)
4.2.2	按变压器的相数划分	(84)
4.2.3	按变压器结构划分	(84)
4.2.4	按变压器铁心的制造方法划分	(85)
4.2.5	按变压器的绕组电压划分	(85)
4.2.6	按变压器功率划分	(85)
4.2.7	按照变压器的工作原理和使用特征划分	(85)
4.3	变压器材料的选取	(88)
4.3.1	磁性材料的选取	(88)
4.3.2	绝缘材料的选取	(88)
4.3.3	导电材料的选取	(90)
4.4	变压器主要性能指标及其测试	(91)
4.4.1	环境条件	(91)
4.4.2	空载试验	(91)
4.4.3	变压器的短路试验	(92)
4.4.4	绝缘电阻检查	(93)
4.4.5	试验电压和抗电强度	(93)
4.4.6	感应电压	(94)
4.4.7	温升试验	(94)
4.4.8	负载持性试验	(95)
4.4.9	过负荷试验	(96)
4.5	电流互感器	(96)
4.5.1	电流互感器的工作原理	(96)
4.5.2	使用电流互感器的注意事项	(97)
4.6	电压互感器	(97)
5	用电系统的布线与安装	(99)
5.1	配线施工的原则	(99)
5.2	车间动力及其它回路的配线方法	(99)
5.3	导线及电缆	(100)
5.3.1	导线及电缆的选择	(100)
5.3.2	导线	(102)
5.4	导线管路配线	(103)
5.4.1	导线管工程配线的优点	(103)

5.4.2	导线管工程的种类	(103)
5.4.3	导线管的选择	(103)
5.4.4	交流回路的往复线应装在同一管内	(104)
5.4.5	导线共管敷设的原则	(104)
5.4.6	不许装在同一管内的线路	(104)
5.4.7	导线管的弯曲	(104)
5.4.8	管子弯曲半径	(104)
5.4.9	电线的连接	(104)
5.4.10	垂直导线的支持	(105)
5.4.11	导线并联的施工	(105)
5.4.12	导线管的接地	(105)
5.4.13	导线管和其它铁管的间隔	(105)
5.4.14	潮湿处所的配管	(105)
5.4.15	低温处所的配管	(105)
5.4.16	高温处所的配管	(106)
5.4.17	导线管与其它管道之间最小距离	(106)
5.5	金属软管的施工	(106)
5.6	硬塑料管配线	(106)
5.6.1	塑料管的敷设	(107)
5.6.2	塑料管的补偿	(107)
5.6.3	塑料管暗配问题	(107)
5.7	电气线路的安装	(107)
5.7.1	概述	(107)
5.7.2	电气线路的分类	(108)
5.7.3	铜芯和铝芯电缆及导线的使用范围	(108)
5.7.4	敷设自动化系统电气线路的一般要求	(108)
5.7.5	电气控制柜电器元件布置应遵循的原则	(109)
5.7.6	电子电路抗干扰措施	(110)

0 Practical Training in IC

0.1 General Information

0.1.1 Aims and Objectives

The Electrical Engineering Workshop aims to introduce trainees to industrial practices and help them develop the technical competence essential for the effective practice of electrical engineering as a basis for career specialisation and development.

The specific objectives of the training modules are to:

- (1) enable trainees to apply engineering theories in the design of equipment and systems;
- (2) facilitate their understanding of the industrial standards and practices;
- (3) help them to read and understand electrical schematic diagrams;
- (4) provide them with hands – on experience of safe working methods and procedures;
- (5) make them conversant with requirements and procedures to test and commission new electrical equipment and systems; and
- (6) provide them with the necessary knowledge and skills to plan and manage engineering projects effectively.

0.1.2 Training Content

Training in the Electrical Engineering Workshop consists of:

- (1) AC and DC circuit control
- (2) Cable joining
- (3) Electrical distribution system design
- (4) Electrical installation practice
- (5) Electrical switchboard assembly and maintenance
- (6) Engineering projects
- (7) Maintenance of electric motors
- (8) Transformer design and manufacturing

0.1.3 Requirements

Trainees are required to adhere to the rules stipulated in the safety instruction sheet given to them at the beginning of their first training session in the Electrical Engineering Workshop and to follow the instructions of the workshop staff.

0.1.4 Training Methodology

The IC's training programmes are specifically designed to prepare trainees to work in a real industrial setting. In addition to learning practical skills and theoretical knowledge, trainees are also en-

couraged to form positive working attitudes, take managerial decisions, and work together in groups. The normal duration of the basic workshop training programme is four days per week.

Advanced training on engineering projects is intended to give trainees hands – on industrial experience through personal involvement in real site work by installing electrical distribution systems within the IC or manufacturing electrical equipment on the request of customers. These projects compel the trainees to tackle and solve actual problems experienced by local industrial enterprises. The work that they undertake allows them to exercise their ability to integrate knowledge, know – how, understanding, skills, and value judgements. This problem – based approach provides stimulation for the trainees, as a result of which their learning processes may be shortened.

0.2 Advanced Training: Engineering Projects

0.2.1 Introduction

Engineering projects are important and integral parts of the working life and career path of every engineer. Such projects usually progress through a number of discrete stages from beginning to end: specification, design, planning, costing, manufacturing, construction or installation, testing, commissioning and documentation. A professional engineer, particularly if discharging the role of project leader, must have a sound understanding of all these phases.

Engineering projects in the Industrial Centre are intended to emphasise and provide experience in all of these various project stages, and are so structured that trainees can bring their previous knowledge and experience together into one coherent activity. The projects also provide opportunities to develop teamwork and to learn managerial and decision – making skills.

On completing their engineering projects in the IC, trainees are expected to have gained sufficient confidence to tackle real industrial projects in their future careers.

0.2.2 General Objectives

These engineering projects are specifically designed for electrical engineering trainees, based on the assumption that they have already undertaken and successfully completed the required basic IC training modules. The project may take the form of a model or prototype that requires component selection, layout of circuits, making parts, assembly, and testing of the prototype, or alternatively it might involve the design, installation, testing and commissioning of an electrical distribution system.

The project work is structured such that the IC staff act as the top management of a company while the trainee project teams act as project groups within the company. Each trainee project team may interact with other project teams to ensure that the company's overall endeavours can be completed successfully.

By the end of the project trainees are expected to have gained hands – on experience of modern computer – aids and equipment used in design, advanced machines used in manufacturing, and equipment for testing electrical circuits. Trainees are also expected to develop a good understanding of the importance of costs, factors considered in the selection of materials, approaches to decision – making,