

电工新技术的发展与展望

Development and Future of New Electrotechnics

严陆光

(中国科学院电工研究所, 中国科学院院士 北京 100080)

电工(电工学、电工技术)是研究电磁领域的客观规律及其应用的科学技术,涉及电力生产和电工制造两大工业生产体系。这个比较古老的工程学科大约起始于19世纪的中、后期,经历了一个半世纪的发展,壮大成为有多个分支学科的重要技术科学领域,其发展水平成为衡量社会现代化程度的重要标志。

在电力生产、电工制造与其他工业发展,以及国防建设与科学实验的实际需要的有力推动下,在新原理、新理论、新技术和新材料发展的基础上发展起来的多种电工新技术,已成为近代电工领域中最活跃和最有生命力的重要分支,有些已发展成了新型产业或对传统产业的技术改造发挥了重大作用,另一些将为21世纪电力生产、电工制造、交通运输及其他工业的发展带来重大的革新性变化,导致一些新型高技术产业的产生与壮大。对于国民经济的发展和科学技术的进步来说,电工新技术的发展有着重大的意义。

20 世纪下半叶的发展概况

图1示出了20世纪下半叶电工新技术的发展概况,包括其主要分支、产生与发展的基础,以及当前支持其发展的主要资金来源。

如果说20世纪中期以前,电工学的发展尚主要基于电磁场与固体的相互作用,电机学主要在发展旋转电机,那么从新原理与新理论的角度看,20世纪后半期电工新技术的重大进展则基于电磁场与流体(导电气体与液体)相互作用的研究和直线电机研究的深入。由物理学与天文学研究中发展起来的等离子体物理学与电磁流体力学开始向工程应用方面汇合,与人类能源、电力、交通及其他工业发展的需要相结合,开创了并推进着受控核聚变、磁流体发电、磁流体推进、电磁泵等的迅速发展。直线电机与应用的深化,又促进着磁浮列车、磁流体推进船计划,人类长期以来的“火车不用轮子、轮船

不用螺旋桨”的高速交通的美好理想正在逐步变成现实。此外,放电物理与技术的研究发展又开拓了许多新的应用。

从新技术的发展看,20世纪后半期具有全局性的最大成就无疑在于计算机与微电子技术的飞跃发展。这些技术在电工领域迅速、长足的发展,使电工科技登上了一个个新台阶。电磁场的数值计算成为近年来发展的热点,一些长期以来依赖于复杂分析与精密实验解决的难题得以迎刃而解。电工装备的计算机辅助设计(CAD)使整个电工制造业的设计,进入了新时代。数控系统与电机控制的发展使从整个电力系统到各种装备的自动控制实现了全面的革新,成为企业改造的强劲动力。电力电子的迅速发展使大功率整流、逆变、变频设备实现了革新,进一步拓宽了电能的应用,提高用电效率,创造了很大的效益。为了支持电子的发展,微电子专用设备,如电子束曝光机、同步辐射光刻机等研制成为电工新技术发展的一个重要分支。

近年来,超导、永磁与半导体材料的发展对于电工领域有着特别重大的意义。60年代初实用超导体的发现开始了超导电工的新时代。30年来的持续努力使得恒定与脉冲超导磁体技术达到了成熟,得到了多方面的应用。超导加速器与超导核聚变装置的建成与运行成为20世纪下半叶人类科技史中辉煌的成就,超导核磁共振谱仪与磁成像装置已实现了商品化。80年代初,工频超导线的研制成功带动了超导工频应用的深入研究。1987年高临界温度超导体的发现为超导电工的发展展示了更加引人的前景。新型永磁材料,特别是钕铁硼材料的发现与迅速发展使永磁电机、永磁磁体技术趋于成熟,应用领域也不断扩大。半导体的发展为电工领域提供了多种电力器件与光电器件。电力电子器件为直流输电、电气铁路、各种节能电源和自动控制的发展作出了重大贡献。光电池效率的提高及成本的降低为光电技术的应用与发展提供了良好基础,使太阳能发电已在边远、缺电地区得到了实用,并有可能

在未来电力供应中占有一定份额。

任何一种新技术的发展都必须有相应的资金支持。主要来源有两方面,即国家计划对科技发展的投入和技术本身通过市场的反馈带来的经济收益。当前,以计算机与微电子技术为基础的一些电工新技术,由于与市场紧密相连,发展很快,经济效益显著,主要依赖于市场的支持。一些重大的、长远的、离产业形成还较远的技术,如核聚变电工、超导电工、磁流体发电、磁浮列车、磁流体船等,还得主要依靠国家计划的支持。当然,对于那些已能进入市场的部分,也应积极地去开拓市场,从市场得到支持。

21 世纪上半叶的发展展望

人类期望 21 世纪将进入一个持续协调发展的新时代,为此,科技的进步与发展有着特别重要的意义。从能源发展看,我国在上半叶还不大可能扭转以煤为主的能源结构,因而在燃煤的利用效率,特别是燃煤发电效率方面还要做出很大的努力。与此同时,还要大力促进核能和可再生能源的应用发展,使其更快地在技术和经济上成熟起来。在交通运输方面,实现高速度将是主要发展方向,而各种交通运输的高速化都必须以电力推进系统的发展做为基础。在能源、交通和其他工业发展中,电工新技术的发展将起着重要的作用,20 世纪下半叶的一些进展已为此奠定了良好的基础,随着新原理、新技术与新材料的发展,还将出现一些新兴的领域。这里简要展望一下一些可见的重大进展,包括受控核聚变、磁流体发电、太阳能与风力发电、磁浮列车、磁流体船舶推进与超导电工。

1. 受控核聚变

受控核聚变的实现将为人类提供实际上用之不竭的洁净能源,从根本上解决人类能源、环境与生态的持续协调发展。20 世纪下半叶的巨大努力,已在大型的托卡马克磁约束聚变装置上达到了“点火”条件,证实了聚变反应堆的科学可行性。正在进行的国际联合设计研制的聚变试验堆,期望在下世纪初能建成、运行,然后还需要经过示范堆与商用堆两个阶段的发展,预期可在下世纪四五十年代建成第一座商用的聚变电站,从而走向产业化。与裂变反应堆主要依靠核工技术与热工技术的结合而发展起来的历史不同,聚变反应堆的发展主要依赖于核工技术与电工新技术的结合,这需把大体积、强磁场技术,大能量、脉冲电源技术,辅助加热技术与等离子体控制技术提高到新的水平。除此之外,还要探索利用聚变产生的带电粒子直接发电的可能性,聚变电站的实现也将导致一些新型的电工产业的形成。

2. 磁流体发电

磁流体发电是将高温导电燃气与磁场相互作用而将热能直接转化成电能的新型发电方式。由于其初温约可高达 2730°C ,与已有的燃气及蒸气发电组成联合循环,可望将燃煤电站的热电转换效率提高到 50% 以上,具有高效率、低污染、少用水的重大优越性。磁流体发电自 60 年代初原理性实验成功以来,经过 30 年的持续努力,已达到了最高发电功率几万千瓦、持续数百小时的水平。再经过试验电站、示范电站与商用电站几个阶段的发展,可望在 21 世纪二三十年实现商业化。磁流体发电的发展过程表明,所遇到的困难比原来设想的大得多,特别是在燃煤的长时间可靠发电方面。这涉及到电工、热工、材料、化工等多方面的新技术。在电工方面要解决电站系统、发电通道、超导磁体、功率调节与逆变等一系列关键技术问题。由于我国属于燃煤为主和电力迅速发展的国家,燃煤磁流体发电的商业化具有特别重大的意义。

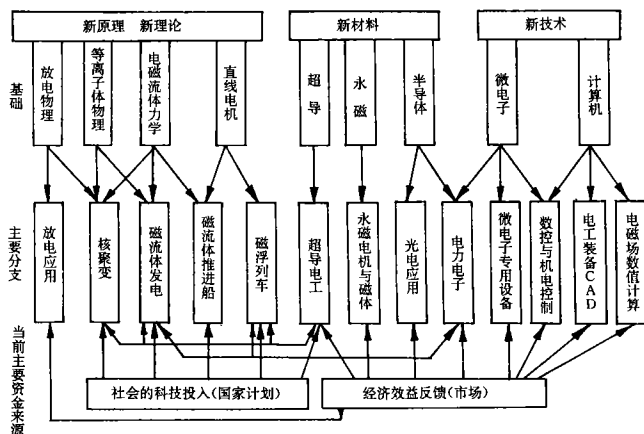


图 1 20 世纪下半叶的电工新技术

3. 太阳能与风能发电

太阳能与风能是最重要的可再生能源。近年来,在太阳能与风力发电技术方面取得了可喜的进展。投资成本与电能成本有了大幅度下降,几十万千瓦的太阳能热发电站、百万千瓦大型风力发电场已经接入电网运行多年,千千瓦的光伏发电站已有了示范,使得越来越多的人相信太阳能与风力发电能够在 21 世纪整个电力生产中占有一定的份额。为此,需要继续努力提高效率,降低造价与成本,扶植相应产业的发展,以及解决并网运行的有关技术问题。

4. 磁浮列车

一部人类社会交通运输发展史,在某种意义上可以说是一部以提高运输速度为主要目标的技术

开发史。20 世纪下半叶铁路的电气化使常规轮轨铁路的运营时速提高到了 200 多公里。磁浮列车是一种采用磁浮、直线电机驱动的新型无轮高速地面交通工具,具有速度快、客运量大、对环境影响(噪声、振动等)小、能耗低、维护便宜、运行安全平衡、无脱轨危险、有很强的爬坡能力等一系列优点。经过近 30 年的持续努力,已达到 500 公里/时的时速,进入实用化试验阶段,德国、日本已对建造运营线做了部署。可以期望,磁浮列车将于 21 世纪前期投入运营,那时高速铁路的时速将提高到 500 公里/时,在 1000 公里的旅程内其实际运营速度及效益将高于民航飞机,应用前景十分广阔。我国疆域辽阔,人口众多,正处于加速发展与振兴的历史时期,而铁路目前处于数量少、技术水平不高、负荷重的状态,成为制约国民经济快速发展的最主要“瓶颈”之一,因而加速发展高速铁路有着特别重大的意义。抓紧高速磁浮列车的研究发展,从技术上实行“迎头赶上”的战略,尤显重要。磁浮列车的实现要解决磁悬浮、直线电机驱动、车辆设计与研制、轨道设施、供电系统、列车检测与控制等一系列高新技术的关键问题。高速磁浮列车有常导与超导两种技术方案,采用超导的优点是悬浮气隙大、轨道结构简单、低污染、车身轻。随着高温超导的发展与应用,将更显其优越性。

5. 磁流体船舶推进

磁流体船舶推进是一种正在发展的新技术,它利用强磁场与海水中的电流相互作用产生的罗伦兹力,使海水向后喷射,依靠其反作用力推进舰船向前行驶。由于不用螺旋桨,它具有无声、高速的优点,将引起船舶推进技术的重大革命。随着超导强磁场的顺利实现,从 60 年代开始了认真的研究发展工作,90 年代初日本的载人试验船“大和一号”胜利地进行了海上试验,显示了其现实的可行性。再经过一二十年持续的分阶段的努力,可以期望在 21 世纪上半叶达到实用。

6. 超导电工

实用超导线与超导磁技术与应用的发展,以及初步产业的实现无疑是 20 世纪下半叶电工新技术的重大成就。在 21 世纪上半叶,无论是聚变电站、磁流体发电、还是磁浮列车、磁流体推进船的商业化,均将促进超导电工继续长足地向前发展,成为一个重要的电工产业。与此同时,还可期望,随着高临界温度超导体的实用发展,超导输电与超导飞轮储能将得到实际应用,工频超导技术的发展将使超导限流器、超导变压器、超导发电机投入运行,大能量的超导储能将得到示范和推广,超导电力技术将成为电力发展的重要支柱。假如那时出现了临界温度达到室温的实用超导体,整个面貌还将大大改观。

(责任编辑 王宏章)

科技动态

高效率的集成电路冷却器

据英国《新科学家》周刊 1995 年 3 月 4 日报道,美国印第安纳柏杜大学的伊塞姆·米达瓦(Issam Mudawar)及其同伴研制了一种微型管,可以帮助集成电路芯片有效地散掉过多的热量。

电子元件的微型化给工程师们提出了一个难题:怎样防止芯片过热。当大量的晶体管挤在极小的空间内使大量的电能流入一个很小的面积内时,要使电路保持冷却往往是困难的。过去的气体冷却系统和液体冷却系统都充分证明了这一点。现在米达瓦等研究人员将气体和液体冷却系统两者结合,创造了用气泡大量带走热量的散热冷却器。

这种冷却器最简单的原型是由一个简单的微型管(类似于皮下注射针的细管)组成的。当微型管靠近一个热物体时,它就吸热。强制通过这个微管的水吸取热量并沸腾,产生成千上万的微小气泡,这些膨胀的气泡在微管的一端喷出,带走热量。微管中损失的液体可以用通过这根微管入口的一根小管来补充,以保持连续地冷却。

当一种液体被加热时,它的温度就升高。但是,当沸腾的液体被加热到蒸发时,它吸收热量的能力就会显著增加。这是因为把液体变成蒸气需要蒸发潜热,因此,沸腾的液体比直接用液体作冷却剂能消除更多的热量。

微型管的细小直径也使这个系统的效率增加,因为

在这种细管中,相对于它包含的液体体积来说,具有较大的表面积。米达瓦用一个单管就从加热的板上散掉了相当于每平方米 2.7 千瓦的热量,这相当于散掉了 270 个 100 瓦的灯泡集中在半张邮票面积上的热量,打破了约 20 年前由苏联科学家创造的散掉每平方米 2.2 千瓦的记录。

实际的装置中,微型管像在一个实体板靠表面的附近钻成的一排微孔,这样既结实又易于操作,在管中供给的冷却剂是惰性的。

根据用途和所用的冷却剂的不同,微型管可以是一端敞开的,也可以像在冰箱中形成一个闭合回路的一部分。在电子装置中,也可以用不导电的液体冷却,当冷却液离开微管的开口端时可以回收利用。

米达瓦已经研制出一种用于航空电子设备的微型管道元件。现在装在称为航空电子设备组件的盒子内的电路板,由于空气冷却的效率很低而限制了每个组件可以安装的电路板数量。微型管道冷却系统则可以散掉 3 000 瓦的热量,比最新的产品散热能力高 10 倍。

现在美国的航空电子设备盒装有 12~15 个电路板。但如果用米达瓦新研究的冷却系统,就可能把所有的航空电子设备装在一个或两个盒子中,既节省空间又减轻重量。

柏杜大学小组的下一个目标是生产各种形状和尺寸的冷却器,用来冷却超级计算机、CAT 扫描仪、激光器和 X 射线仪。

(刘先曙)