

Общие проблемы развития науки и техники

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (на примере радиотехники)

В. Г. ГОРОХОВ

Исследование истории формирования технических наук — проблема сложная и малоразработанная. В настоящее время проанализированы лишь основные этапы становления технических наук в целом (см. работы В. В. Чешева, например [24]). Однако потребности ускоренного развития этих наук диктуют необходимость исследования генезиса теоретических схем отдельных технических дисциплин¹.

Можно выделить различные способы формирования этих дисциплин. В одних случаях определяющей была инженерная практика (например, при формировании теории механизмов и машин); в других — появление новой научно-технической дисциплины, скажем, теории автоматического регулирования явилось результатом синтеза теоретических схем различных технических наук (технической гидравлики, теории механизмов и машин, радиотехники и т. д.) на общей математической основе; в третьих — новая дисциплина «отпочковывается» как исследовательское направление от «базовой» технической науки. Так возникла из радиотехники радиолокация.

Из всего многообразия технических дисциплин мы выбрали радиотехнику.

Термином «радиотехника» обозначается сегодня и отрасль техники и инженерной деятельности, и специфическая область технической науки. Связанная с ними дисциплина, о которой будет идти речь в данной статье, обычно носит название «теоретические основы радиотехники». Этот термин, а также термины «теоретическая радиотехника» и «радиотехника» мы будем употреблять как синонимы, имея в виду именно данную техническую дисциплину и техническую теорию (о понятии «техническая теория» см. [24]).

Генезис теоретической радиотехники в наиболее «чистом» виде зависел от базовой естественнонаучной теории — электродинамики. Влияние на нее инженерной деятельности было вторичным. Радиотехника стала возможной только после основополагающих теоретических исследований в области электромагнитных полей и распространения электромагнитных волн в пространстве. Причем первоначально вопрос ни о каком техническом применении вообще не ставился. Работа не выходила за рамки лабораторных экспериментов. Только в результате деятельности многочисленных инженеров-изобретателей возникает идея промышленного изготовления радиотехнических устройств. Создание новых инженерных конструкций в этой области шло параллельно с развитием технической теории и даже несколько отставало от нее.

¹ Термины «техническая наука» и «научно-техническая дисциплина» мы будем употреблять здесь как синонимы, чтобы подчеркнуть, что речь идет об отдельных технических науках (дисциплинах), а не о технической науке в целом.

К моменту появления радиотехнических изобретений, во-первых, уже была построена и доказана теория распространения электромагнитных волн и, во-вторых, в последней не предполагалось никаких выходов в инженерную практику. Развита отрасли промышленности к моменту возникновения радиотехники, как в случае с теорией механизмов и машин, не было, и техническая теория не могла быть обоснованием уже созданных устройств. Поэтому конструктивные расчленения в ней в значительной степени находились в зависимости от ее теоретических схем. Скажем, в задачи Нижегородской радиолаборатории входили организация научных исследований, на которые могли опираться технические разработки новой радиоаппаратуры, подготовка высококвалифицированных специалистов, а также организация производства катодных реле и разработка новых типов приемной радиостанции [12]. На примере этой лаборатории видно, что поисковые, теоретические исследования и задачи обучения совмещались в первые годы развития радиотехники с инженерным проектированием и даже производством. Новые открытия почти сразу же воплощались в изобретениях и затем быстро попадали в производство. Резких противоречий между теорией и практикой и не могло быть, поскольку до возникновения теоретической радиотехники еще не было развитой инженерной практики, ее не надо было перестраивать, и она формировалась в соответствии с предписаниями, содержащимися в выводах теоретических исследований базовой естественнонаучной дисциплины — электродинамики.

Свой анализ мы ограничиваем вполне определенным историческим периодом — формированием теоретических основ радиотехники (до 30-х — 40-х годов XX в.). Дальнейшее развитие их в рамках радиоэлектроники [11] как целого «семейства» научно-технических дисциплин, включающих кроме радиотехники радиолокацию, теорию полупроводниковых приборов, импульсную технику, статистическую радиотехнику и т. д., в данной статье не рассматривается.

В структуре любой технической теории можно выделить три основных типа теоретических схем: функциональные схемы, ориентированные на математическое описание; «поточные» схемы, фиксирующие естественные (в частности, физические) процессы, «протекающие» в инженерном объекте, его функционирование; и структурные схемы, представляющие конструктивные параметры и расчеты, т. е. структуру этого объекта (подробнее см. [6]). В ходе становления технической теории функциональные схемы формируются на базе исходных теоретических моделей математики, а поточные берутся из соответствующей базовой естественнонаучной теории.

Функционирование технической теории осуществляется следующим образом. Сначала формулируется особая инженерная задача создания определенного инженерного объекта. Затем она представляется в виде идеальной конструктивной (структурной) схемы, которая трансформируется в представление естественного (физического) процесса, отражающего функционирование этого объекта. Для расчета и математического моделирования данного процесса строится функциональная схема, отражающая определенные математические соотношения. Инженерная задача переформулируется в научную проблему, а затем в математическую задачу, решаемую дедуктивным путем. Этот путь «сверху вниз» называется анализом схем. Обратный путь — синтез схем — позволяет на базе имеющихся конструктивных элементов, вернее, соответствующих им идеальных объектов по определенным правилам дедуктивного преобразования синтезировать новый инженерный объект (точнее, его идеальную модель, теоретическую схему), рассчитать его основные параметры и проимитировать функционирование. Решение, полученное на идеальной модели, последовательно трансформируется на уровень инженерной деятельности. Одна из основных задач технической теории —

разработка типовых структурных схем для разных (всевозможных) требований и условий. Тогда построение любых инженерных объектов будет заранее теоретически обеспеченным.

Рассмотрим далее, как формировалась эта структура радиотехнической теории в результате модификации исходных для нее теоретических схем электродинамики, развитых, в частности, в работах Герца. (Для описания структуры физической теории может быть в принципе использована та же трехчленная структура: «математическое описание — физический процесс — структурная схема эксперимента» [19].) Поскольку к моменту формирования теоретических основ радиотехники не было еще развитой отрасли промышленности и она формировалась параллельно с развитием теоретических схем, то в данном случае теоретическая радиотехника может служить удобным идеализированным объектом историко-научного и методологического анализа генезиса теоретических схем технической науки как в «чистом виде» модификации теоретических схем базовой физической теории.

Таким образом, исходная теоретическая основа радиотехники — представление об электромагнитном поле и волнах в классической электродинамике Фарадея, Максвелла и особенно Герца. В своем анализе мы стремились прежде всего, двигаясь от работ Герца к изобретению первых радиоприемных и радиопередающих устройств, проследить те сегодня незаметные шаги, которые привели к построению теоретических основ радиотехники.

Классическая электродинамика и генезис теоретической радиотехники

Основные достижения Герца в развитии электродинамики сводятся к следующему: он систематизировал и обобщил теорию Максвелла, сделал вывод из нее частных законов и решил с ее помощью некоторые частные задачи [7]; он перенес в электродинамику обобщенную теоретическую схему оптических явлений и соответствующих ей математических зависимостей; наконец, он начал теоретическую разработку концептуального аппарата и особых структурных схем для описания экспериментов. Используя математический аппарат, Герц сводил общие случаи к частным, но экспериментально доказуемым, отвлекаясь от практически несущественных ограничений (см., например [26, с. 98, 117])². Это позволило сделать важные выводы, в частности о разных законах изменения электрической силы вблизи и вдали от вибратора, и осуществлять решение конкретных задач (функционирование теории), таких, как расчет простейшего излучателя электромагнитных волн — диполя.

Применяемым Герцем теоретическим понятиям (поляризация, смещение, количество электричества, сила тока, период, амплитуда и длина волны и т. п.) придано четкое математическое выражение. Однако Герц постоянно учитывал и соотносительность математических выкладок с опытом. Так, в основных уравнениях электродинамики он перешел от использования потенциалов, служащих лишь для теоретического описания, к напряжениям, которые являются экспериментально измеримыми [7, с. 221]. Производя же опыты, он постоянно обращается к математическим расчетам, например периода колебаний по формуле Томсона.

Привнесение в исследование электродинамических процессов обобщенной теоретической схемы оптики, достаточно полно разработанной к

² Такой подход станет затем весьма важным средством решения инженерных задач в радиотехнической теории. Задача анализа радиотехнических устройств заключается не в том, чтобы подробно описать их во всех возможных аспектах, а лишь в определенных, значимых для решения данной инженерной задачи: «Радиотехнику... в особенности необходимо научиться правильно пользоваться теорией, не осложняя дело излишней точностью и не упуская из вида ничего существенного» [3, с. 9].

тому времени в трудах Юнга и Френеля [21], и акустики позволило Герцу не только использовать ряд понятий (таких, как угол падения, показатель преломления, фокальная линия и т. п.), но и сознательно осуществить над электромагнитными колебаниями ряд классических опытов. К ним прежде всего относятся опыты по регистрации прямолинейного распространения, отражения, интерференции и преломления электромагнитных волн. Выполнение этих экспериментов подтвердило адекватность выбранной Герцем теоретической схемы, доказало ее универсальность для разных типов физических явлений. Например, после очередного экспериментального исследования стоячей волны он пишет, что вопреки ожиданию «узловые точки существуют на самом деле». Они уже не рассматриваются им просто как математические абстракции. Герц объективирует относительно электродинамических процессов изображение стоячей волны, распространенное в оптике и акустике [26, с. 66]. При этом он сознательно использует эту аналогию. «В оптике аналогией нашему опыту,— пишет он,— является опыт Ллойда с зеркалами Френеля. В оптике и акустике эти опыты рассматриваются как доказательства волновой природы света и звука, поэтому описанные здесь явления следует рассматривать как доказательство волнового распространения индукционного действия электромагнитных колебаний» [26, с. 89].

Взятая из оптики и акустики схема физического процесса распространения электромагнитных волн (он называет ее «картиной поля», «картиной электрических волн») позволяет Герцу заимствовать и соответствующую математическую схему — геометрическое изображение стоячей волны, которое дает возможность четко определять ее узловые точки, пучности, период, фазу и длину. В соответствии с этой схемой он производит и необходимые экспериментальные измерения (например, измерения фазы и амплитуды электромагнитных колебаний при отражении, показателя преломления асфальтовой призмы и т. д.). Одновременно он использует теоретические представления, развитые Фарадеем, — электрические и магнитные силовые линии. Например, он приводит изображение так называемого процесса «отшнуровывания» силовых линий вибратора (ставшего затем очень важным для радиотехники), анализируя распределение сил для различных моментов времени. Герц назвал такое изображение «наглядной картиной распределения силовых линий».

Герцем разработаны структурные схемы и соответствующий им концептуальный аппарат — такие понятия, как вибратор и резонатор. Скрупулезное описание конструкции опытного оборудования (например, материала, из которого изготовлены зеркала, их формы, размеров и т. д.) сочетается у него с обобщенным описанием экспериментально-измерительных ситуаций, которое по существу является прообразом будущих электрических схем радиоприемных и радиопередающих устройств. Так, при исследовании процесса резонанса ученый изменял разные параметры первичной и вторичной цепей, включающих индукционную катушку, разрядник, конденсатор и т. д. При этом измерялась длина искры и расстояние между цепями, а на основе этих измерений вычерчивались резонансные кривые, проводились соответствующие расчеты. Разрабатывая новое экспериментальное оборудование, он действует, по сути дела, как инженер, однако не имеет в виду какого-либо технического применения своих экспериментальных устройств. И математический аппарат, и опыты служат для него лишь средством предсказания и объяснения хода физического процесса — распространения электромагнитных волн в пространстве. Но именно благодаря его работам электродинамика получила тот вид, который позволил отпочковаться от нее новой сфере инженерной деятельности и соответствующей ей технической теории.

Исследованиями Герца было доказано, что электромагнитные волны могут распространяться (подобно световым) в непроводящей среде (эфире); что они имеют общую физическую природу с оптическими явления-

ми; что, как и свет, они распространяются с конечной скоростью; что в свободном пространстве интенсивность электромагнитных колебаний убывает обратно пропорционально первой степени расстояния от вибратора (а не третьей, как происходит вблизи него); что при подходящей частоте колебания электрическая цепь может излучать в пространство электромагнитные волны (путем «отшнуровывания» от вибратора электрических силовых линий). Этим основным теоретическим положением было вполне достаточно, чтобы прийти к их сознательному использованию для изобретения практических технических устройств. Однако для практического применения Герцевых колебаний аппаратура была еще недостаточно совершенной.

После публикации результатов Герца развернулись исследования с целью усовершенствования экспериментального оборудования и разработки новых схем экспериментально-измерительных ситуаций, позволяющих найти более простые и надежные способы получения и регистрации электромагнитных волн. Эти работы фактически не выходили за пределы экспериментальной деятельности в области естественной науки, не вели к техническому использованию электродинамики. Однако именно такая деятельность и сделала в конечном счете возможным появление первых радиопередающего и радиоприемного устройств, ибо вылилась в детальную разработку и конкретизацию теоретической схемы электродинамики.

Недостатком вибратора Герца было быстрое затухание колебаний и обгорание контактов. Первый недостаток был устранен за счет введения вместо одного трех искровых промежутков, второй — после помещения осцилляторов в жидкость (А. Риги использовал, например, для этого вазелин). Это позволило увеличить длину искры «без того, чтобы была необходимость отполировывать каждый раз шарики», и легко изменять период колебаний (путем сближения или удаления обкладок конденсатора, включенного в первичный контур, или самих шаров вибратора) [27, с. 343]. Одновременно включение конденсатора устранило вредные электростатические помехи, нежелательные при некоторых опытах. В результате, чтобы получилось первое радиопередающее устройство, достаточно было включить в первичную цепь индукционной катушки ключ Морзе.

Еще одним недостатком вибратора Герца была малая величина получаемой искры, затруднявшая ее регистрацию. Поиски более надежного получения искр проводились сразу многими исследователями; в качестве регистратора ими использовались газоразрядная трубка, электроскоп, термоэлемент и т. д. Однако наиболее перспективным оказался «когерер» — прибор для обнаружения электрических колебаний, действие которого основывалось на изменении сопротивления «плохого контакта» под действием электрических колебаний в цепи, частью которой он являлся. При помощи когерера О. Лодж продемонстрировал отражение, преломление и поляризацию электромагнитных волн. Для восстановления когерера «автоматический» встряхиватель металлических опилок, которыми он начинен, был включен сначала в цепь когерера, а затем во вторичную цепь с более мощным источником энергии. (Действие электрических зарядов резко уменьшает большое сопротивление опилок.) Так было создано первое радиоприемное устройство (см. [27]).

Таким образом, развитие электродинамики пошло в двух основных направлениях: 1) дальнейшего обобщения и систематизации физической теории и 2) совершенствования структурных схем эксперимента, стимулировавшего появление радиотехники. Второе направление носило по существу инженерный характер. Однако институализация этого вида инженерной деятельности произошла уже после изобретения радио, когда стала формироваться новая отрасль промышленности. Эта деятельность была направлена на создание различных конструктивных схем ра-

диотехнических устройств [18] и постепенно становится ведущей в процессе становления, а затем и функционирования радиотехнической теории. С этого момента и начинается история радиотехники. Развитие ее с этого времени зависит прежде всего от разработки новых структурных схем радиотехнических устройств (например, схемы с заземленной сеткой, рефлексивных схем, супергетеродина и т. д.). Именно с этого момента можно говорить о формировании собственно технической теории.

Формирование теоретических основ радиотехники

В первые же годы после изобретения радио начинается бурное развитие радиотехники. Инженерная деятельность становится главным стимулом теоретических изысканий. Основное внимание многочисленных изобретателей того времени концентрируется на совершенствовании конструктивных элементов (кристаллических детекторов, трансформаторов и машин высокой частоты, катодных ламп и т. д.) и схем (дуговых генераторов, передатчиков с ударным возбуждением, замкнутого колебательного контура и т. п.) радиотехнических устройств, подчиненном задачам увеличения их мощности и дальности действия, удобства эксплуатации, экономичности, а также освоения все новых диапазонов электромагнитных волн для осуществления радиопередачи и радиоприема [4, 10].

Каждому такому изобретению сопутствовали определенные теоретические и экспериментальные исследования. Например, для построения катодного вентиля — двухэлектродной лампы — был использован эффект Эдисона. Последний еще в 1884 г. установил, что «если внутрь угольной лампочки накаливания впаять металлический стерженек и соединить его с концом угольной нити, то при горении лампы мы обнаружим слабый ток» [10, с. 54—55]. Однако для технического применения этого эффекта потребовались дополнительные исследования. Ли де Форест установил, что раскаленное тело может вести себя как излучатель. Он начал разогревать не два, а один электрод и против него расположил холодный анод в виде пластинки. Флеминг использовал полученный «пустотный клапан» в качестве детектора в радиоприемном устройстве. Точно так же открытое ранее свойство двух находящихся в соприкосновении кристаллов пропускать ток в одном направлении послужило основой для изобретения кристаллического детектора. После ряда специальных исследований Браун и Пиккар нашли подходящие пары для кристаллических детекторов.

Из первого учебника по радиотехнике [16] уже видно, что сфера исследования теоретической радиотехники (в отличие от электродинамики) смещается в область анализа и развития различных конструктивных схем радиотехнических устройств. Наряду с описанием разделов классической электродинамики (электрическая и магнитная индукция, законы образования и распространения электромагнитных волн) и элементов электротехники (расчет коэффициента самоиндукции и электрической емкости цепи, исследование периодических токов, описание средств получения высокого напряжения и т. д.) в нем содержится первичная классификация радиотелеграфных станций по типам схем и технических характеристик, попытка их обобщенного рассмотрения и разработки специального концептуального аппарата для этого. Конкретное описание радиотелеграфных станций концентрируется в особых работах, не претендующих на теоретическое рассмотрение (см., например [25]). Детальное изложение базовой физической теории теперь выносится за скобки — оно должно содержаться в соответствующем курсе физики. (См., например, курс физики того же автора, где дается традиционное изложение электродинамики без каких-либо реминисценций со стороны радиотехники, не считая формального упоминания передачи энергии на

расстояние [15].) Однако и те разделы электродинамики, которые вошли в учебник радиотехники, описываются уже с ориентацией на решение определенных инженерных задач. В нем различаются физические параметры электромагнитных волн и соответствующие им характеристики процесса передачи, т. е. искусственно воссозданного в функционировании радиотехнического устройства электродинамического процесса [16].

Таким образом, формирование теоретических схем радиотехники идет по двум основным направлениям: 1) развитие и конкретизация теоретической схемы электромагнитных взаимодействий путем заполнения диапазона практически используемых радиоволн (с одновременным развитием методов исследования их физических свойств) и 2) разработка специфической обобщенной теоретической схемы на базе изучения конструкций радиотехнических устройств, средств их анализа и синтеза. «Появление на сцене практической деятельности комбинаций, составляющих суть современной приемной станции, с технической точки зрения столь же важно, как и экспериментальное доказательство существования электромагнитных волн, рассмотренное с точки зрения чистой науки» [16, с. 537].

Уже 2-е издание учебника А. А. Петровского в значительной степени основано на применении математического аппарата. В нем приводятся наряду с традиционным для естественной науки доказательством теорем и различные расчеты (главным образом с применением графических методов), типовые числовые примеры, искусственные приемы и образцы математического решения инженерных задач. К этому моменту можно считать, что радиотелеграфия превратилась в «новый отдел науки, изучающий применение электричества и магнетизма на практике» [17, с. 1].

«Телеграфия без проводов» первоначально представляла собой прикладное направление электродинамики. После изобретения А. С. Поповым радиоприемника происходит развитие радиотехники, которая рассматривается на первых порах как область исследования в рамках электротехники. В 1900 г. в Офицерской электротехнической школе в России вводится первый курс по «беспроволочной телеграфии», необходимость которого была вызвана практическими потребностями. К этому времени уже было установлено восемь радиостанций на боевых судах, в 1901 г. открывается радиомастерская на Кронштадтском электротехническом заводе [10, 13]. О выделении к этому времени радиотехники в самостоятельную область исследования свидетельствуют также и следующие данные. В 1906 г. в Берлине проходит Первая международная радиотелеграфная конференция, а в 1907—1908 гг. в России и США возникают общества по беспроволочной телеграфии [10, 13]. Появляются первые печатные издания: журналы (первый ежемесячный журнал «*Proceedings IRE*» стал выходить в свет в 1913 г. [5]), труды конференций, учебники, монографии.

На первых порах радиотехника рассматривалась как качественно новый раздел электротехники, задача которого — борьба со всевозможными видами помех излучению, приему и использованию электрического тока высокой частоты. В ранних курсах радиотехники [22] еще значительное место занимает электротехническая часть, так как радиотехника пользуется различными стандартными электротехническими приборами и элементами. Радиотехнические цепи рассматривались первоначально как разновидность электротехнических цепей, но работающих на токах высокой частоты. В данном случае можно говорить о переносе исходной теоретической схемы и соответствующих ей понятий, представлений и методов анализа из смежной технической теории.

В процессе переработки этой схемы на основе нового эмпирического материала (иных конструктивных элементов — дуговых и ламповых генераторов, искровых разрядников и т. д.) происходит ее коренное преобразование. Радиотехнические цепи обладают рядом существенных от-

личий от электротехнических, а это влечет за собой и необходимость изменения их исходной электротехнической теоретической модели. Так, для получения токов высокой частоты в радиотехнике стали применяться методы, неизвестные в электротехнике, свободные колебания, не связанные с проводами, и совершенно новые приборы и устройства, например антенны; кроме того, изменяется и масштаб многих электротехнических величин. «Радиотехнику приходится учитывать такие величины, которые вследствие своей малости не представляют никакого интереса при изучении техники медленных изменений тока» [3, с. 6]. Другими словами, достигается соответствие двух слоев технической теории поточных (описывающих физические процессы) и структурных (задающих конструктивно-технические параметры радиотехнических устройств) схем.

Параллельно разрабатываются частные теоретические модели, такие, как теория усилителей, теория пустотных (ламповых) генераторов переменного тока и т. п., образующих отдельные «островки» теоретического исследования. Все частные вопросы, касающиеся конструктивных элементов радиотехнических систем (например, электровакуумных приборов), и более детальное описание конструкции их подсистем (радиоприемников, радиопередатчиков, антенн и т. д.) постепенно выносятся в специальные курсы. В результате выделились некоторые вопросы, представляющие «общий интерес для всякого радиотехнического устройства» [3, с. 4]. Частные теоретические схемы перерабатываются и систематизируются с одновременным их обобщением. Например, М. А. Бонч-Бруевич во введении к курсу радиотехники пишет: «Таким образом, мне пришлось переработать и частью дополнить опубликованный в технической литературе (и иногда противоречивый) материал, выбрать из него необходимое и привести в систему, соответствующую плану книги и связанную единым методом изложения» [3, с. 3]. Именно таким путем и формировалась обобщенная теоретическая схема радиотехники.

Проблема введения однородных идеальных объектов радиотехнической теории (о них см. [18]), позволяющих установить соответствие математической, физической и структурной схем, на уровне традиционных тематической, физической и структурной схем, на уровне традиционных электротехнических элементов решалась относительно просто. Во-первых, эти элементы (емкости, индуктивности, сопротивления) уже были в радиотехнике поставлены в четкое соответствие с конструктивными элементами реальными электрическими устройствами (конденсаторами, катушками индуктивности, резисторами). Во-вторых, такая электрическая цепь может быть приведена к операторному виду с помощью специальных разработанных в электротехнике приемов. В ней развиты также особые методы анализа данных цепей, например методы контурных токов и узловых потенциалов.

Рассмотрение радиотехнических устройств с точки зрения теории цепей значительно упростило задачу их исследования, поскольку огромное разнообразие конструктивных элементов, отличающихся своими характеристиками, принципом действия, конструктивным оформлением и т. д., было заменено сравнительно небольшим количеством идеальных элементов и их соединений, предоставляющих реальные элементы и связи. Любой элемент электротехнической цепи рассматривается как идеальный двухполюсник, действие которого на проходящий через него ток может быть описано линейным уравнением. Несколько сложнее обстоит дело с так называемыми нелинейными элементами радиотехнических цепей (например, радиолампами). Но и они после приведения их к эквивалентным схемам (содержащим уже только линейные элементы) могли рассчитываться при помощи традиционных электротехнических методов. «К началу 20-х годов радиотелеграфа без проводов, где раньше преобладала интуиция и искусство, превратилась в инженерную дисциплину, покоящуюся на твердом фундаменте технических расчетов и проектирования» [4, с. 254].

В радиотехнических устройствах постепенно выделились качественно новые конструктивные блоки: колебательные и связанные контуры, фильтрующие цепи, усилители низкой, промежуточной и высокой частоты, модуляторы, детекторы, мультивибраторы, генераторы, ограничители, линии задержки и т. п. Эти конструктивные блоки имеют различную физическую основу, не обязательно сводимую к электротехническим элементам. Например, это могут быть цепи с распределенными постоянными или интегральные схемы. Каждый такой конструктивный блок связан с особыми теоретическими знаниями — представляет собой частную теоретическую схему, обобщающую конструктивные решения конкретных радиотехнических устройств. В теории усилителей такую роль играют, скажем, схемы на трансформаторах или сопротивлениях, с обратной связью или без, с катодной нагрузкой, фазоинверсные, импульсные, постоянного тока и т. п.

Все эти блоки радиотехнических устройств могут быть исследованы едиными методами в специально развитой для этого теории, приводящей многочисленные частные схемы к одной обобщенной схеме — четырехполюснику. В этой теории используется соответствующий математический аппарат, основанный на матричном исчислении, доказаны специальные теоремы (такие, как теорема обратимости), проанализированы различные типы четырехполюсников, даны их обобщенные уравнения и параметры. Теория четырехполюсников позволяет проводить на теоретическом уровне анализ и синтез схем различных многокаскадных радиотехнических устройств и получать при этом результаты, необходимые для инженерной деятельности.

Каждый четырехполюсник в процессе функционирования радиотехнического устройства осуществляет определенное преобразование электромагнитных колебаний, которые могут быть синусоидальными, импульсными, пилообразными и т. д. и характеризоваться определенными параметрами (например, синусоидальные колебания — амплитудой, частотой и фазой). Разработка методов анализа электромагнитных волн (скажем, спектров периодических и непериодических процессов, формы импульсов, распространения электромагнитной энергии вдоль проводов) для разных видов и диапазонов радиоволн — также важная задача теоретической радиотехники.

Таким образом, радиотехническое устройство может быть представлено как цепочка блоков, каждый из которых преобразует один из параметров электромагнитных колебаний. К таким блокам относятся: генератор (преобразует какой-либо другой вид энергии в электромагнитные колебания), модулятор (позволяет изменять соответствующую характеристику электромагнитного колебания по определенному закону, скажем, амплитуду, частоту или фазу), усилитель (устройство, увеличивающее только амплитуду колебаний, их фазовые и частотные соотношения должны передаваться без изменения) и т. д.

Следовательно, в теоретической радиотехнике динамическая физическая картина электромагнитных взаимодействий (колебаний, волн, полей) совмещается со структурным изображением радиотехнических устройств, в которых эти физические процессы протекают и искусственно поддерживаются. Именно их органическое сочетание и образует обобщенную теоретическую схему технической науки.

* * *

Генезис теоретических схем радиотехники определяется, с одной стороны, базовой естественнонаучной дисциплиной, а с другой — инженерными представлениями и задачами. Ее формирование поэтому происходит в двух противоположных направлениях: во-первых, за счет все большей конкретизации заимствованной в соответствующей естественно-

науке (электродинамике) теоретической схемы и, во-вторых, посредством обобщения частных теоретических моделей, развитых в данной технической науке в процессе решения инженерных задач.

На первых этапах развития теоретической радиотехники отмечается «преобладание не расчетного, а описательного подхода к предмету» [22, с. III]. Однако техническая наука только тогда может считаться сформировавшейся, когда в ней построена математизированная техническая теория. В ней также четко должны быть заданы процедуры перехода от структурных схем к «поточным» и функциональным (анализ) и обратно (синтез). Лишь после того как в технической науке разработаны процедуры теоретического синтеза инженерных объектов (применительно к радиотехнике о них см., например [20]), позволяющие экстраполировать получаемые теоретические результаты на класс гипотетических инженерных объектов (с выходом на практические методические рекомендации для инженерной деятельности), ее обобщенная теоретическая схема может считаться универсальной относительно данного класса инженерных объектов. Другими словами, только после этого она приобретает статус «универсальной» теоретической схемы для определенной научно-технической дисциплины (точнее, «семейства» таких дисциплин) и соответствующего ей вида инженерной деятельности.

Литература

1. Асеев В. П. Основы радиотехники. М.: Связьиздат, 1947.
2. Берг А. И. Общая теория радиотехники. Л.: 1925.
3. Бонч-Бруевич М. А. Основы радиотехники. М.: Связьиздат, 1936.
4. Бренев И. В. Возникновение радиотехники. — Тр. XIII Междунар. конгресса по истории науки. Секция XI (истории техники). М.: Наука, 1974.
5. Виттемор Л. 50 лет института радиоинженеров. — Тр. Ин-та инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. 1962, ч. I, т. 50, № 5.
6. Горохов В. Г. Методологический анализ системотехники. М.: Радио и связь, 1982.
7. Григорьян А. Т., Вьяльцев А. И. Генрих Герц. М.: Наука, 1968.
8. Дюшен Б. В. Радиотелеграфия, ее основы, успехи и роль в современной жизни. 2-е изд. Берлин: Знание, 1922.
9. Крылов Н. Н. Теоретические основы радиотехники. М. — Л.: Морской транспорт, 1953.
10. Лебедев В. И. История радиотехники. М.: Госиздат, 1930.
11. Минц А. Л. Радиотехника, радиофизика, радиоэлектроника. — Изв. высш. учебн. заведений. 1974, т. XVIII, № 5.
12. Остроумов Б. А. Организация первых исследований в Нижегородской радиолаборатории. — В кн.: Из истории энергетики, электроники и связи. М., 1972, вып. 6.
13. Очерк развития радиотелеграфных сообщений в России и за границей. СПб., 1913.
14. Персон С. В. Радиотехника. М. — Л.: Моск. акц. о-во, 1927.
15. Петровский А. А. Курс физики. Вып. 1—2. Электрические и магнитные явления, СПб., 1901.
16. Петровский А. А. Научные основания беспроволочной телеграфии. — 1-е изд., СПб., 1907.
17. Петровский А. А. Научные основания беспроволочной телеграфии. 2-е изд., СПб., 1913.
18. Симоненко О. Д. Особенности строения технических наук. — В кн.: Проблемы исследования структуры науки. Новосибирск: НГУ, 1967.
19. Степин В. С. Становление научной теории. Минск: Изд-во БГУ, 1976.
20. Стюарт Дж. Теория и синтез электрических цепей. М.: Сов. радио, 1965.
21. Творцы физической оптики. М.: Наука, 1973.
22. Фрейман Н. Г. Курс радиотехники. Л., 1924.
23. Хенни К. Рост числа публикаций и их значение. — Тр. Ин-та инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, 1962, ч. I, т. 50, № 5.
24. Чешев В. В. Техническое знание как объект методологического анализа. Томск: Томский ун-т, 1981.
25. Энгельман И. Беспроволочный телеграф. СПб., 1905.
26. 50 лет волн Герца. М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1938.
27. 50 лет радио. Вып. I: Из предыстории радио. М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1948.

PECULIARITIES IN THE FORMATION OF ENGINEERING SCIENCES (ON THE EXAMPLE OF RADIOENGINEERING)

V. G. GOROKHOV

In the article the author considers the process of formation of theoretical principles of radioengineering on the basis of modification of the initial theoretical schemes of the corresponding naturally — historical theory — electrodynamics. The sources of radioengineering in the works of Herz are analysed. The sources of this science are also considered in connection with the process of perfection of the experiment's structural schemes (methods of obtaining and registration of electromagnetic waves). The author studies the stages of formation of radioengineering's ideal objects on the level of mathematical schemes, of schemes reflecting the mathematical processes taking place in the radioengineering device and of the constructive (structural) theoretical schemes of these devices.