

нагрузке напряжением 127 В частотой 50 Гц и действующим значением тока  $I_H = 5$  А. Частота управляющих прямоугольных импульсов от полупроводникового генератора равнялась 6 Гц.

Обмотка  $w_{CO}$  была рассчитана по наибольшему МДС отпускания для испытуемых образцов ( $F_{от} = 50$  А) и току  $I_d = 0,35$  А (одинаковое значение для золота и родия). Расчётное значение ( $w_{CO} = 143$ ) было увеличено до 180 с целью снижения отключаемых токов нагрузки. Намотка  $w_{CO}$  осуществлялась проводом диаметром 1,2 мм. Обмотки  $w_{CB}$  и  $w_y$  имели по 3000 витков провода диаметром 0,1 мм. Последовательность намотки обмоток на каркас:  $w_{CO}$ ,  $w_{CB}$ ,  $w_y$ . Амплитуда МДС  $F_{CBm}$  устанавливалась по току  $i_{\Phi}$  несколько меньше значения  $F_{cp}$  для каждого испытуемого образца.

Герконы выдержали от  $10^5$  до  $3 \cdot 10^6$  циклов коммутаций, причём образцы с родиевым контактным покрытием выдержали примерно в два раза больше циклов, чем с золотым покрытием. Испытания показали, что при коммутации указанной выше нагрузки без устройств СВ и СО герконы сваривались через несколько циклов.

Таким образом, сухие язычковые герконы могут управлять электрическими нагрузками большой мощности переменного тока частотой 50 и 60 Гц за счёт применения специаль-

ных схем синхронной коммутации. При этом удаётся увеличить ток нагрузки до значения, длительно пропускаемого через геркон.

### Список литературы

1. Пат. 3457432 США. Synchronous switch circuit for reed relays / Korn R.A.
2. Пат. 1263138 ФРГ. Schalttauordnung zum synchronem Abschalten von Wechselströmen / Günther A., Burkhard E.
3. Пат. 1263187 ФРГ. Magnetisch steuerbare Schalteinrichtung, insbesondere Schutzrohrankerkontakt / Müller O.
4. А с. 416782 СССР. Коммутационный аппарат / Г.А. Бугаев.
5. А с. 670986 СССР. Устройство для синхронного отключения нагрузки / В.Н. Шоффа, С.А. Добряков, С.Г. Рыбаков.
6. А с. 758302 СССР. Устройство для синхронного отключения нагрузки / В.Н. Шоффа, С.А. Добряков, В.К. Шибанов, С.Г. Рыбаков.
7. А с. 892513 СССР. Устройство для синхронного отключения нагрузки / С.А. Добряков, В.К. Шибанов.
8. А с. 754508 СССР. Устройство для синхронной коммутации нагрузки / В.Н. Шоффа, С.А. Добряков, С.Г. Рыбаков.
9. А с. 877650 СССР. Устройство для синхронной коммутации нагрузки / В.Н. Шоффа, С.А. Добряков, В.К. Боковиков, С.В. Хромов.
10. Шоффа В.Н. Определение времени срабатывания герконового реле // Труды МЭИ. 1978. Вып. 381. С.52–60.

**Шоффа Вадим Николаевич** — профессор ФГБОУ ВПО «НИУ МЭИ», доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Окончил электромеханический факультет МЭИ в 1960 г. Защитил докторскую диссертацию по теме «Создание теории электрических аппаратов с магнитоуправляемыми контактами» в 1983 г.

## ***В.С. Кулебакин — основатель отечественной школы электрических аппаратов и регуляторов***

РОЗАНОВ Ю.К.

Виктор Сергеевич Кулебакин родился 30 октября 1891 г. в Москве. Его отец был учителем в сельской школе близ г. Раменское Московской области. В.С. Кулебакин сначала поступил в Богородскую школу, затем в Набилковское коммерческое училище, которое закончил с золотой медалью, после его окончания — в Императорское Московское техническое училище. Это старейшее московское училище было основано в 1830 г. как ремесленное для подготовки учёных мастеров, а в 1868 г. преобразовано в высшее учебное заведение — Московское техническое училище (МТУ). Здесь преподавали выдающиеся учёные: Н.Е. Жуковский, С.А. Чаплыгин и др. Под впечатлением лекций Н.Е. Жуковского он начал заниматься в воздухоплавательном кружке при МТУ, заинтересовавшись теорией полёта самолёта. Изучая

научные работы, рекомендованные Н.Е. Жуковским, проводил эксперименты, получая практические знания. Одновременно В.С. Кулебакин увлёкся новой в то время областью технических наук — электротехникой.

В 1905 г. под руководством К.А. Круга формируется Московская школа электротехники. В.С. Кулебакин принимает активное участие в создании новой научной специализации, помогая К.А. Кругу в подготовке курса «Основы электротехники» при решении методических и практических задач по этому курсу.

В 1914 г. В.С. Кулебакин окончил МТУ с золотой медалью и был рекомендован для подготовки к профессорскому званию в МТУ. Но началась первая мировая война, и он был призван в армию в авиационные войска. В 1916 г. В.С. Кулебакин был послан в Москву

для получения новой техники и по просьбе Н.Е. Жуковского начал преподавать на курсах по авиационной технике при МТУ.

После мобилизации из армии в 1917 г. В.С. Кулебакин вернулся в МВТУ (с этого года училище стало высшим) и начал преподавать на электротехническом факультете, деканом которого был тогда К.А. Круг. В трудных условиях разрухи в стране К.А. Круг совместно с рядом преподавателей, среди которых был В.С. Кулебакин, организовал при Московском политехническом обществе Тепловой комитет для оказания технической помощи энергетическим подстанциям в условиях топливного кризиса. Эту помощь поддерживали центральные органы страны.

В 1920 г. в числе первоочередных задач народного хозяйства была выдвинута электрификация страны. Под председательством Г.М. Кржижановского была создана Государственная комиссия по Электрификации России (Комиссия ГОЭЛРО). В состав комиссии вошёл К.А. Круг, который привлёк к работе в ней и В.С. Кулебакина. В этой комиссии были и другие крупнейшие специалисты-электротехники. Был разработан план ГОЭЛРО, целью реализации которого было за 10–15 лет повышение мощности электрических станций России почти в 10 раз по сравнению с дореволюционным уровнем. В.С. Кулебакину было поручено подготовить два доклада о характере и числе потребителей электрической энергии для угольной промышленности Подмоскovie и Юга России. Он разработал подробные рекомендации по выбору мощности генераторов и улучшению их эксплуатации с учётом ввода новых потребителей.

В процессе реализации планов ГОЭЛРО В.С. Кулебакину приходилось неоднократно решать задачи по повышению эффективности проводимых работ и их ускорению. Он принимал активное участие в многочисленных комиссиях и решениях конкретных практических задач, часто выезжал на строящиеся объекты для ускорения их ввода и устранения недостатков в реализуемых проектах, повышения их технико-экономической эффективности и выбора рациональных путей реализации намеченных планов. Так, он предложил «кустование» электростанций – идея, выдвинутая им ранее. Это был прообраз Единой Энергетической Системы. Он составил перечень электростанций для объединения их на общую электрическую сеть. При этом значительно возрастала эффективность использования энергетических ресурсов. Эту идею поддержа-

ли многие известные специалисты в области электротехники. В.С. Кулебакин внёс большой вклад в решение проблемы электрификации Центрального промышленного района России. В 1920 г. он представил в Комиссию ГОЭЛРО доклад «Выбор и стандартизация электрических установок для рудников Подмоскovieного угольного бассейна», где была изложена методика распределения мощностей по промышленному району, по которой проводился выбор тока и напряжения для потребителей электрической энергии в промышленном районе. Эта программа также предусматривала строительство теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) в Москве и увеличение мощностей районных электростанций. В соответствии с этими планами начался ввод электрических мощностей в центральном районе России.

Одновременно с работой по реализации Плана ГОЭЛРО В.С. Кулебакин продолжал работы по развитию авиации. В это время он занимал ответственный пост в Научно-Техническом комитете ВВС. Под его руководством началась разработка светотехнических устройств, обеспечивающих посадку самолёта при ночном полете. Эта задача потребовала проведения большого числа исследований и изучения новых для него проблем инженерной психологии и эргономики. В результате был разработан первый в мире стандартный комплекс осветительной самолётной аппаратуры (КОСА). Этот комплекс был успешно испытан уже в 1923 г. и им был оборудован Московский центральный аэропорт им. М.В. Фрунзе.

Растущие потребности электроэнергетики страны требовали не только увеличения и повышения технического уровня кадров, но и умения решать новые научно-технические задачи. Предложения по созданию электротехнического института возникли у В.С. Кулебакина и других учёных во время работы Комиссии ГОЭЛРО. Благодаря содействию правительства в 1921 г. был создан Государственный экспериментальный электротехнический институт ГЭЭИ (ВЭИ). Директором ГЭЭИ был назначен К.А. Круг. Вместе с В.С. Кулебакиным, крупными представителями отечественной электротехники В.К. Аркадьевым, Л.П. Сиротинским, К.И. Шенфером, П.А. Флоренским, А.Н. Ларионовым и др. он развернул научные исследования в различных областях электротехники. Продолжая руководить научной работой в лаборатории в старом здании ГЭЭИ, он разрабатывал новые курсы по электротехнике и электрическим аппаратам. В то

же время он является активным членом Госплана.

В 1927 г. по Красноказарменной ул. закладываются корпуса для отделов высоких напряжений и машинно-аппаратного, электрофизического, административный, опытный и другие корпуса. Все это требовало приобретения нового оборудования и ассигнований. В.С. Кулебакину приходилось предпринимать огромные усилия, чтобы решить эти вопросы. При этом он активно участвовал в планировании производства работ по строительству. Своим успехам ВЭИ на этапе становления как ведущего электротехнического института во многом обязан его руководителю К.А. Кругу, коллективу учёных, активно участвовавших в его создании и кипучей энергии В.С. Кулебакина.

Любимой работой Виктора Сергеевича являлась подготовка инженеров-электриков. В.С. Кулебакин в то время продолжал педагогическую работу на электротехническом факультете МВТУ. Среди первых выпускников этого факультета были Е.В. Нитусов, А.Н. Ларионов и др., ставшие впоследствии известными учёными в области электротехники. Курс «Электрические аппараты» Кулебакин начал читать еще в 1919 г., продолжая работать в области электрических машин и электротехники. В 1926 г. В.С. Кулебакин создал на электротехническом факультете МВТУ лабораторию «Электрические аппараты». Проведение в ней работ вошло в план подготовки инженеров-электротехников по электрическим машинам и аппаратам. С этого времени начался систематический выпуск инженеров по этим специальностям, потребность которых постоянно росла.

Электротехническая специализация в МВТУ не могла обеспечить требуемый стране рост новых инженеров-электриков. Их выпуск не соответствовал гигантским масштабам индустриализации и электрификации страны.

Поэтому было осуществлено разделение МВТУ на отдельные втузы и создан МЭИ. Однако структура взаимодействия между отдельными подразделениями и методика обучения не отвечали требованиям к подготовке новых специалистов.

В 1932 г. вышло Постановление по реорганизации высшей школы. В МЭИ были созданы факультеты, среди которых был электромашино- и аппаратостроительный факультет (ЭМАС). Кафедру электрических машин возглавил академик К.И. Шенфер, а электрических аппаратов — профессор В.С. Кулебакин. В состав этого факультета также входила кафедра электроматериаловедения, возглавляе-

мая профессором Е.Ф. Комарковым. Всего в МЭИ было создано шесть факультетов, ставших основой его дальнейшего развития.

Создание новых кафедр потребовало проведения большой работы. На кафедре «Электрические аппараты», возглавляемой В.С. Кулебакиным, был сформирован новый коллектив преподавателей, которых В.С. Кулебакин привлёк к работе из МВТУ и объединяемых втузов, в частности Московского института народного хозяйства им. Г.В. Плеханова. На кафедре были написаны новые монографии, учебники и учебные пособия по электрическим аппаратам, создана новая лабораторная база, разработаны методические пособия и научные планы. Одновременно коллектив кафедры под руководством В.С. Кулебакина проводил большую научно-исследовательскую работу по созданию и совершенствованию новых электрических аппаратов. В это время была уже практически сформирована научная школа его учеников, многие из которых впоследствии стали известными учёными. Работы, выполняемые под руководством В.С. Кулебакина, отличались высоким научным уровнем и эффективностью при их изучении студентами. Например, ещё в 1930 г. были поставлены лабораторные работы по автоматическим регуляторам, реле и релейной защите, пускорегулирующей аппаратуре и аппаратуре распределительных устройств. За лучшую постановку лабораторных учебных работ и научно-исследовательских работ коллектив кафедры получил первую премию на конкурсе втузов. Тогда же В.С. Кулебакин издал монографии «Кинетика возбуждения синхронной машины» и «Пусковые и регулирующие реостаты». Издавались монографии по специальности «Электрические аппараты», написанные его учениками и соратниками Е.В. Буйловым, Г.В. Буткевичем, Е.С. Соловьевым, Б.К. Булем, А.М. Федосеевым и др. В 1932 г. В.С. Кулебакин помимо руководства кафедрой «Электрические аппараты» стал заместителем директора МЭИ по учебной части. Он выполнял не только большую методическую работу, но и принимал активное участие в организации новых факультетов МЭИ, ставил перед ними новые задачи, связанные с реорганизацией втуза. В 1932 г. В.С. Кулебакин был избран членом-корреспондентом АН СССР.

Проводя огромную работу в области подготовки инженеров-электротехников для народного хозяйства, В.С. Кулебакин продолжал работу в интересах авиации, начатую ещё в 1920 г. в Авиатехникуме по инициативе



Н.Е. Жуковского. Впоследствии это учреждение было преобразовано в Военно-воздушную инженерную академию им. Н.Е. Жуковского. Уровень электротехнического авиационного образования постоянно повышался и Кулебакину приходилось обновлять программу и курсы читаемых им лекций. При этом он уделял большое внимание как теории научных основ, так и лабораторной базе. Ему также приходилось много внимания уделять системам электрического зажигания двигателей (магнето) самолетов и светотехническим устройствам для ночных полётов, радиотехническому оборудованию, бортовым источникам электроснабжения и др. Ещё в начале 20-х годов им была опубликована монография «Авиационное магнето высокого напряжения». В дальнейшем было разработано первое отечественное магнето коллекторного типа. Много внимания он уделял проблемам авиационной светотехники, разрабатывая оборудование для ночных полетов.

В 1939 г. В.С. Кулебакину было присвоено воинское звание бригадного инженера и за выдающиеся заслуги и личный творческий вклад в советскую электроэнергетику он был избран действительным членом АН СССР.

С начала войны в 1941 г. В.С. Кулебакин был назначен в Комиссию по мобилизации ресурсов Урала. Он принял активное участие в срочной перестройке промышленности с учётом потребностей фронта. При этом он продолжал работать на авиацию. В то же время он понимал, что необходимо было срочно перестроить обучение кадров ВВС в целях комплектации боевых частей специалистами по электрооборудованию. Во время войны В.С. Кулебакин был руководителем работ в АН СССР по оказанию научно-технической помощи и содействия фронту и промышленности. В годы войны он был награждён орденами Ленина и Красной Звезды за образцовое выполнение заданий в подготовке кадров для действующей Красной Армии. В 1942 г. ему присвоено звание генерал-майора инженерно-авиационной службы. В 1944 г. он организовал и возглавил военную кафедру в МЭИ по подготовке военных инженеров запаса для авиации. Он лично занимался её комплектацией квалифицированными специалистами для преподавательской работы. В этом ему оказывала большую помощь В.А. Голубцова, которая была в то время директором МЭИ.

Всю свою жизнь В.С. Кулебакин не терял интереса к созданию новой техники и совершенствованию её характеристик. В частно-

сти, это относилось к электрическим двигателям. Ещё в 1933 г. он написал фундаментальную монографию «Кинетика возбуждения синхронных машин». В дальнейшем он неоднократно возвращался к вопросам повышения технических характеристик электрических машин различных видов и процессам в электроприводе в целом. В результате им было предложено много новых оригинальных решений по развитию этой области техники. Так, был предложен ряд технических решений по применению в электроприводе асинхронных двигателей с конденсаторами для использования их на электровозах в угольной промышленности, где использование постоянного тока затруднялось необходимостью создания выпрямительных подстанций. Для использования переменного тока в электроприводах электровозов были применены асинхронные двигатели с конденсаторами, что позволило управлять их скоростью и моментом. Опытные образцы таких двигателей были изготовлены на заводе «Динамо» в Москве и успешно прошли испытания. За разработку и внедрение этих двигателей В.С. Кулебакин был удостоен Государственной премии.

В дальнейшем он продолжал заниматься повышением управляемости двигателей в электроприводе с целью улучшения их пусковых характеристик, регулирования скорости и момента. Его технические и научные предложения в области авиационного электропривода были использованы при создании электроинерционного стартера. Во время войны В.С. Кулебакин сделал ряд предложений по совершенствованию конструкций и улучшению охлаждения авиационных генераторов и двигателей. Для двигателей постоянного тока, отличающихся высокой управляемостью были разработаны и внедрены электромагнитные усилители, позволяющие существенно расширить диапазон регулирования двигателей при сохранении устойчивости и точности работы привода. Большая работа была выполнена по созданию различных видов управляющих устройств для электропривода постоянного тока — статических на основе электронных и ионных вентилях, а также контактных с электромагнитным управлением и механических выпрямителей. Последние позволили в то время коммутировать высокие токи при сохранении высокого КПД. Другой элементной базой для реализации этих задач не существовало. В.С. Кулебакин прекрасно понимал, что будущее электропривода за электрическими машинами переменного тока. Поэтому он принимал

активное участие в создании систем электропривода на основе асинхронных двигателей и различных устройств управления, проводил испытания систем с асинхронными двигателями, управляемыми преобразователями на основе ионных вентилей посредством изменения частоты напряжения преобразователя, питающего двигатель. Он предвидел появление полупроводниковой преобразовательной техники и писал в работе о научно-технических проблемах развития автоматизированного электропривода: «Громадные возможности создания надёжных и экономичных преобразователей частоты открываются в связи с разработкой и предстоящим выпуском в промышленных масштабах силовых полупроводниковых (германиевых, кремниевых) диодов и триодов». Разработки В.С. Кулебакина были позже успешно использованы в ракетно-космической технике.

Многие электротехнические устройства, например, электрические машины, связаны с необходимостью управления в них отдельными переменными — скоростью, моментом ротора и др. Поэтому при совершенствовании этих устройств В.С. Кулебакину приходилось заниматься проблемами управления и регулирования. Более того, большинство из них успешно решены именно в этой области. Уже в первых научных работах он приводил результаты глубокого анализа отдельных вопросов и задач управления электротехническими устройствами. По его инициативе в 1939 г. был создан Институт автоматики и телемеханики АН СССР (сейчас Институт управления им. В.А. Трапезникова РАН). В этом институте он проводил научные исследования в области автоматического регулирования.

В.С. Кулебакин разработал теорию регуляторов напряжения вибрационного типа. Принцип их действия был основан на регулировании эквивалентного сопротивления в цепи возбуждения генератора. При этом происходило периодическое изменение сопротивления, соединённого с вибрационными контактами. В.С. Кулебакин провёл глубокий анализ всех процессов в регуляторе и определил значения всех элементов в цепи возбуждения генератора. Он также вывел основные аналитические соотношения для расчётов элементов регулятора.

Многое В.С. Кулебакин сделал для совершенствования математического аппарата теории регулирования. Им был развит операторный метод решения дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Это позволило уменьшить число операций по ин-

тегрированию дифференциальных уравнений. Метод основан на введении нового операторного изображения, которое он назвал  $K(D)$  — изображением заданных аналитических функций, являющихся общим решением однородных линейных дифференциальных уравнений. Этот метод может быть эффективен при исследовании переходных процессов в электрических цепях. Он сформулировал не только основные принципы этого метода, но и рекомендации по его практическому исследованию. Большой вклад он внёс в развитие инвариантных способов регулирования, связанных с компенсацией влияния возмущений на регулируемую величину.

До конца своей жизни В.С. Кулебакин продолжал многогранную деятельность в различных областях науки и техники. Он оставался членом Бюро Отделения технических наук АН СССР, членом президиума Редакционно-издательского совета АН СССР, главным редактором журнала «Известия АН СССР. Отделение технических наук», членом секции Государственного комитета по автоматизации и машиностроению, членом Учёного совета Института электронных управляющих машин АН СССР, членом Научного совета по проблеме «Энергетика и электрификация» Государственного комитета Совета Министров СССР, членом редколлегии журнала «Электричество», председателем Редакционной комиссии по изданию трудов ГОЭЛРО, председателем Комитета технической терминологии АН СССР.

Умер В.С. Кулебакин 22 февраля 1970 г. Похоронен на Ново-Девичьем кладбище в Москве.

Выдающиеся заслуги В.С. Кулебакина в развитии отечественной науки и техники получили высокую оценку. Он удостоен звания Лауреата Государственной премии, награждён двумя орденами Ленина, орденом «Красного Знамени», тремя орденами «Красной Звезды», орденом «Трудового Красного Знамени», двумя орденами «Знак Почета» и многими медалями. Ему было присвоено почётное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР».

#### Список литературы

1. Фролов В.С. Виктор Сергеевич Кулебакин (1891–1970). М.: Наука, 1980.
2. Воронович С.А., Жильцов Б.И. Многогранный талант ученого // Военно-исторический архив. 2001. Вып. 9(24).
3. Виктор Сергеевич Кулебакин // Изв. АН СССР. Сер. Техн. наук. Энергетика. 1954. Вып.4.