



АЛЕКСАНДР МИКЕРОВ,
д. т. н., проф. каф.
систем автоматического управления
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
a.mikerov@gmail.com

В первой половине XIX в. Джозеф Генри изобрел электромагнитное реле, которое использовалось для усиления и записи сигналов на телеграфных линиях, автоматической коммутации в телефонии, хронометрирования быстропротекающих процессов и автоматизации артиллерийской стрельбы. Этот момент можно считать началом развития контактной электроавтоматики — ей и посвящена данная статья.



ЗАРОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

Первые автоматические устройства, или автоматы, были чисто механическими, наиболее совершенные из которых — андрюиды, автоматы — имитировали поведение человека или животных [1]. С началом промышленной революции в XVIII в. стали широко применяться регуляторы машин, описанные в статье [2] данного цикла. Однако в середине XIX в. внедрение электричества привело к созданию новых элементов автоматики — электроавтоматики, что сделало возможной автоматизацию других областей инженерной деятельности, таких как связь, измерения, военное дело и т. д. Подробный обзор применения электроавтоматики в России в конце XIX в.

содержится в работах [3, 4]. В настоящей статье рассказывается о наиболее ярких примерах контактной автоматики в телеграфии, телефонии, измерительной технике и артиллерии.

Основным элементом контактной автоматики является электромагнитное реле, созданное в 1835 г. великим американским ученым-электриком Джозефом Генри (Joseph Henry). Он изобрел его в Принстонском университете при проведении опытов по передаче электрических сигналов на расстояние до одной мили [5, 6]. Для этого Генри использовал в цепи электромагнит Стэрджена, якорь которого подсоединил к рычагу, ударяющему по звонку (рис. 1). Для увеличения расстояния на при-

емном конце цепи он установил другой электромагнит, замыкающий металлические контакты во второй цепи с электрической батареей, что позволило неограниченно удлинять гирлянду цепей. Название этого усилительного устройства, «реле», произошло от старофранцузского слова relais, обозначающего дорожную станцию для смены лошадей.

Другой вид реле — с ртутными контактами — предложил в 1838 г. известный американский физик и изобретатель профессор химии Чарльз Пейдж (Charles Page) для прерывания первичной цепи повышающего трансформатора, подключенного к батарее [7]. Это устройство, называемое индукционной катушкой, позволяло генерировать мощные искры. Пейдж также известен как создатель одного из первых электрических локомотивов с линейным электромагнитом и кривошипно-шатунным механизмом мощностью до 10 л. с.

Электромагнитное реле было сразу же применено в одном из самых важных изобретений XIX в. — электрическом телеграфе [8]. Первые действующие телеграфные аппараты, предложенные русским академиком-востоковедом и дипломатом баро-

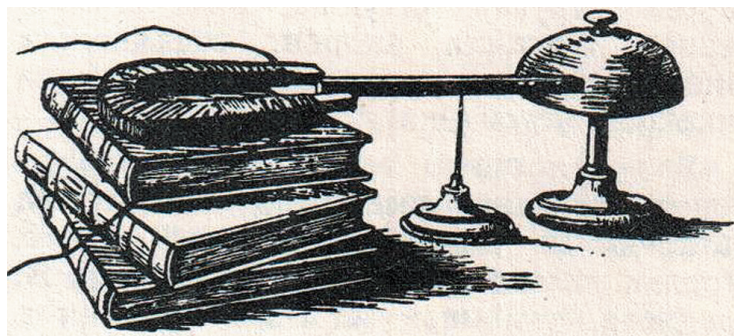


РИС. 1. ►
Опыт Генри

ном Павлом Львовичем Шиллингом в 1832 г. и английским ученым и изобретателем Чарльзом Уитстоном (Charles Wheatstone) в 1837 г., использовали на приемном конце стрелочные гальванометры с буквенными циферблатами и сложными кодами. В аппарате Шиллинга было шесть стрелок, а у Уитстона — пять, требующих шести проводов. В усовершенствованной системе Уитстона число стрелок было снижено до двух, а проводов — до трех, и такие телеграфы были весьма популярны как на железной дороге, так и на почте Англии в середине XIX в. За создание телеграфа и другие достижения Уитстон был удостоен рыцарского звания. В 1847 г. более совершенный аппарат был создан Вернером Сименсом, всего с одной стрелкой и двумя проводами [9].

Однако к концу XIX в. все они были вытеснены телеграфами по системе Морзе, построенными на реле. Малоизвестному живописцу из Нью-Йорка Сэмюэлю Морзе (Samuel Morse) во время его месячного плавания из Европы, где он совершенствовал свое мастерство, пришла в голову мысль об электрическом телеграфе. Имея самые отдаленные представления об электричестве и отчаянно нуждаясь в средствах, Морзе, тем не менее, смело взялся за строительство аппарата. Однако упорные трехлетние усилия ничего не дали и вынудили Морзе обратиться за советом к самому Джозефу Генри. Тот не только посвятил его в тайны электромагнетизма, но и посоветовал строить линии в виде гирлянды цепей с усилителями в виде реле [5]. Это помогло Морзе довести свой телеграф до работоспособного состояния и получить в 1840 г. патент США, принесший ему впоследствии богатство и славу [10]. На рис. 2 показана схема приемного аппарата из этого патента. Приемный электромагнит (1) с рычагом (2) действует на перо, отмечающее точки и тире на бумажной ленте (3) лентопротяжного механизма, которая поступает в приемную кассету (4).

В 1844 г. заработала первая телеграфная линия Морзе — между Балтимором и Вашингтоном, длиной 40 км, построенная на субсидию Конгресса США. Первой переданной телеграммой была фраза из Библии: «Чудны дела Твои, Господи!». Успеху проекта также способствовал совет Генри прокладывать линию

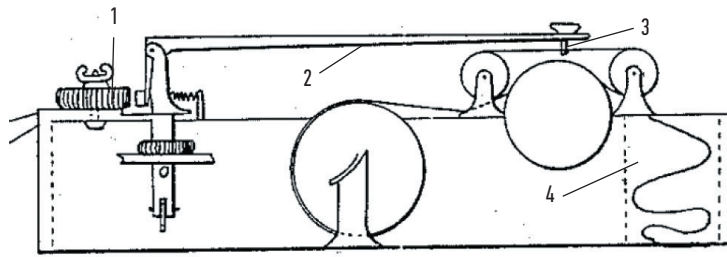


Рис. 2. ◀
Приемный аппарат Морзе

не подземным кабелем, как это делалось изначально, а в виде проводов на столбах. В качестве изоляторов использовались горлышки бутылок. Правда, патент Морзе был оспорен в суде Пейджем, служившим также экспертом в Патентном ведомстве и противопоставившим упомянутый выше патент на индукционную катушку. Вопрос был окончательно закрыт лишь тогда, когда основная телеграфная компания «Вестерн Юнион», обладающая всеми патентами Морзе, выкупила и патент Пейджа [7].

К концу XIX в. весь мир был опутан телеграфными линиями с пишущими аппаратами Морзе. Его победе способствовали не только более простая и надежная система с реле, требующая всего двух проводов, но и знаменитый импульсный код Морзе, который содержал только два элемента: точку и тире. Одна из ранних конструкций американского телеграфного реле-ретранслятора 1850-х гг. для удлинения линии показана на рис. 3, где: 1 — обмотка; 2 — якорь, переключающий контакты наверху; 3 — возвратная пружина [11]. К концу XIX в. усовершенствованные реле, называвшиеся тогда почтовыми, позволили довести скорость передачи до 200 слов в минуту.

В 1876 г. Александр Белл (Alexander Bell), шотландец по происхождению и учитель школы для глухонемых из Бостона, изобрел телефон, а в 1891 г. американец Элмон Строуджер (Almon Strowger) запатентовал коммутатор телефонной станции на базе шагового искателя и основал первую автоматическую телефонную станцию (АТС) [12]. В отличие от обычного реле шаговый искатель имеет не два, а десять устойчивых положений. Говорят, что с этим изобретением связана следующая история. Строуджер владел похоронным бюро, несшим большие убытки из-за действий конкурента, жена которого была телефонисткой на местной телефонной станции и перенаправляла мужу все звонки в бюро Строуджера. Это и навело последнего на идею придумать беспристрастный «телефон без барышень, ругани и ожидания» (англ. «girl-less, cuss-less and wait-less») [13]. Он же изобрел и дисковый номеронабиратель.

В России первая АТС на 10 тысяч номеров была создана С. М. Бердичевским-Апостоловым в 1894 г. [3].

С ростом глобальной телефонизации релейно-контактные коммутаторы стали потреблять такое огромное количество электроэнергии, что в начале XX в. лаборатория «Белл», основан-

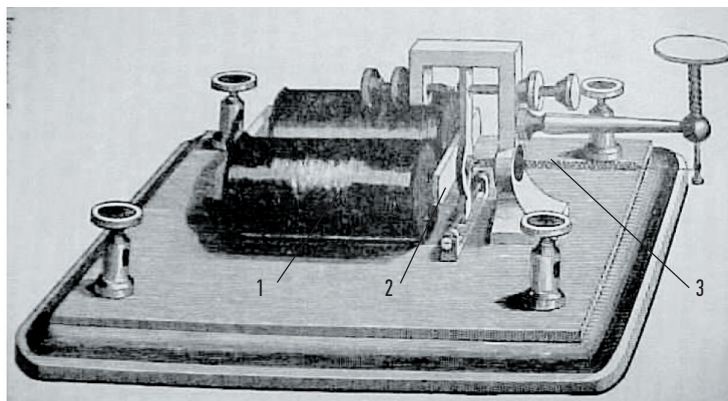
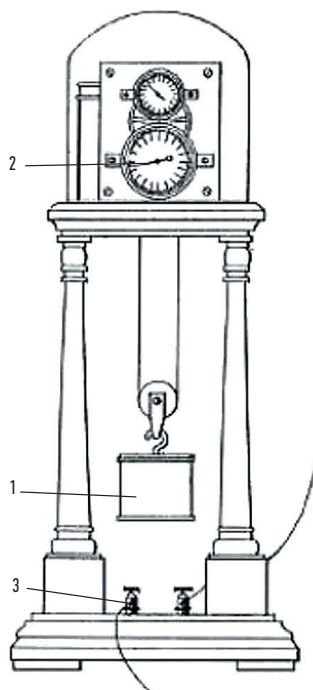


Рис. 3. ◀
Телеграфное усилительное реле

РИС. 4. ►
Хроноскоп
Уитстона — Хиппа



ная Александром Беллом, занялась поиском экономичных электронных переключателей. В итоге в 1947 г. это привело к созданию транзистора.

Электромагнитное реле в качестве усилителя использовал также Александр Степанович Попов в приемнике радиоволн с когерентером, впервые продемонстрированном в 1895 г. [3].

С именем Уитстона связано создание еще одного элемента автоматики — прибора для измерения коротких промежутков времени. В 1840 г. он запатентовал электрический хроноскоп, который был вскоре усовершенствован швейцар-

ским часовщиком Маттиасом Хиппом (Matthias Hipp) и долго служил основным физическим прибором для измерения скорости падения груза, времени полета артиллерийского снаряда, времени реакции человека и т. д. [14]. Прибор Уитстона — Хиппа, показанный на рис. 4, представлял собой часовой механизм, приводимый в движение грузом (1) с регулятором стабильной скорости, который обеспечивал быстрое вращение стрелок на циферблатах (2). Пуск и остановка стрелок выполнялись электрическим реле по сигналу на клеммах (3).

Предположим, что стрелка одного из циферблатов вращается со скоростью 10 об/с. Тогда, если стрелка будет запущена с началом некоторого процесса и остановлена в его конце на 1/10 оборота циферблата, то длительность процесса составит 10 мс. Наличие двух циферблатов повышало точность измерений, которая в лучших хроноскопах того времени доходила до 1 мс.

Уитстон использовал этот аппарат для измерения скорости полета снаряда, помещая в ствол орудия и на мишени включенные в гальваническую цепь проволочные сетки, разрыв которых свидетельствовал о начале и конце процесса. Испытательную аппаратуру для стрельбы существенно усовершенствовал русский военный инженер и ученый Константин Иванович Константинов, создавший в 1844 г. баллистическую установку. Его работам будет посвящена отдельная статья.

Элементы электроавтоматики применялись и для дистанционных измерений. На рис. 5 показана схема автоматической записи уровня прилива (мареографа), созданная в Николаеве военными моряками Фердинандом Фердинандовичем Врангелем и Иваном Михайловичем Диковым в 1876 г. [3].

Устройство имеет коммутатор в виде колеса (1) с 36 металлическими контактными штырями (2) на ободе и качающимся контактом (3), верхняя часть которого может замыкать один из двух неподвижных контактов (4), образующих цепи электромагнитов (5) и (6) перьевых отметчиков. Последние подключены к левой клемме гальванического элемента (7), правая клемма которого соединена со всеми штырями (2). Контакт (3) удерживается пружиной в вертикальном положении. Уровень прилива отмечается

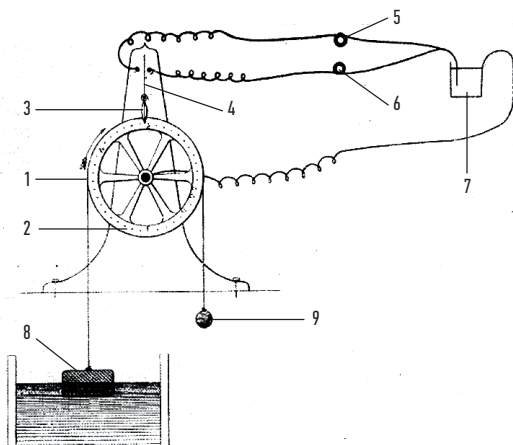
поплавком (8) с грузом (9). Устройство снабжено часовым механизмом, протягивающим бумажную ленту, на которой перьевые отметчики с краской оставляют точки при замыкании соответствующего электромагнита — (5) или (6). При подъеме воды контакт (3) замыкает левый штырь (2) и левый контакт (4), вызывая срабатывание электромагнита (5) и появление точки на ленте. Расстояние между штырями составляет один дюйм, поэтому высота прилива определяется по числу точек. Аналогично измеряется и снижение уровня воды, однако при этом уже замыкается цепь электромагнита (6), а точки отмечаются в другом месте ленты. В современной терминологии рассмотренное устройство называется импульсным датчиком положения.

Электромагнитные реле и переключатели широко применялись и при автоматизации артиллерийских установок. Так, в 1867 г. выпускник Московского университета военный инженер Алексей Павлович Давыдов разработал и испытал систему «гальванической стрельбы» корабельной артиллерии. Выстрел каждого орудия производился при замыкании цепи, содержащей три последовательно включенных реле [3]. Первое реле замыкалось, когда курс корабля имел заданное значение, второе — при введении в орудие надлежащего угла возвышения, а третье замыкалось механическим кренометром в виде маятника, когда палуба корабля при качке принимала горизонтальное положение. В современных системах пуска ракет цепь пуска содержит десятки таких реле, отвечающих за готовность всех систем ракеты.

Через десять лет усовершенствованная система Давыдова, обеспечивающая также управление стрельбой нескольких орудий с центральной станции, была внедрена на нескольких военных судах Российского флота. Результаты ее испытаний показали увеличение скорости стрельбы в шесть раз, а числа попаданий — почти в четыре раза по сравнению со штатной системой. Позднее Давыдов также изобрел силовую следящую систему для автоматической стабилизации орудия по крену корабля, которую он назвал «мотор-кренометром» [3].

К началу XX в. техника автоматического управления имела уже значительные успехи — как в части автоматических регуляторов хода машин, так и в контактно-релейной автоматике. Однако широкой автоматизации всех

РИС. 5. ▼
Уровнемер (мареограф)



отраслей препятствовало отсутствие электронных усилительных и вычислительных устройств, развитию которых будут посвящены последующие статьи. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Микеров А. Г. Автоматические устройства от Древнего мира до начала промышленной революции // Control Engineering Россия. 2014. №3 (51).
2. Микеров А. Г. Первые регуляторы паровых машин // Control Engineering Россия. 2014. № 4 (52).
3. Храмой А. В. К истории электроавтоматики в России в XIX веке // Автоматика и телемеханика. Том 12. 1951. № 2.
4. История электротехники / Под ред. И. А. Глебова. М.: Изд-во МЭИ. 1999.
5. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели. М.: Знание. 1964.
6. Bancroft G. Henry as an Electrical Pioneer. The Bell System Technical Journal. 1932. July. www.archive.org/details/bstj11-3-327
7. Charles_Grafton_Page. www.en.wikipedia.org/wiki/Charles_Grafton_Page
8. Electrical telegraph. www.en.wikipedia.org/wiki/Electrical_telegraph
9. Микеров А. Г. Вернер Сименс — основатель европейской электроиндустрии (К 200-летию со дня рождения) // Control Engineering Россия. 2016. №6 (66).
10. Патент Морзе US 1647 A. www.google.com/patents/US1647?dq=1647
11. Civil war telegraph instruments. www.artifaxbooks.com/cwinstruments/instruments.htm
12. Strowger switch. www.en.wikipedia.org/wiki/Strowger_switch
13. Interesting facts, trivia and history about telephones. www.e-ph.co.uk/resources/trivia/
14. Instruments of Science: An Historical Encyclopedia / Edited by R. Bud and D. J. Warner. New York: Garland. 1998.

В 1835 г. изобретение Генри электромагнитного реле создало новое направление электротехники — электроавтоматику, нашедшую много полезных применений.

- В телеграфии реле использовались для удлинения линии связи (в ретрансляторах) и для записи сигналов на ленту в приемном аппарате, созданном Морзе в 1840 г.
- Автоматические телефонные станции, изобретенные Строуджером в 1891 г., строились на электромагнитных шаговых искателях.
- В измерительной технике были созданы релейные автоматические приборы для измерения быстропротекающих процессов (хроноскоп Уитстона в 1840 г., баллистическая установка Константинова в 1844 г.), а также устройства измерения положения.
- Разработка Давыдова (1867 г.) положила начало автоматизации стрельбы корабельной артиллерии в условиях качки.