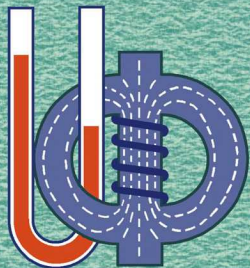
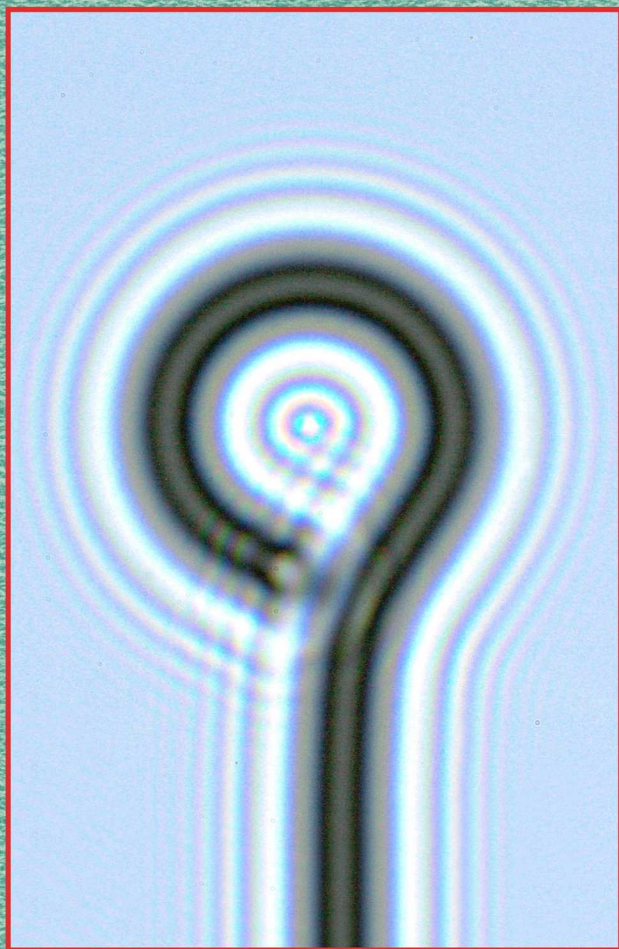


ISSN 2307-5457



УЧЕБНАЯ ФИЗИКА

3
2020



УДК 372.853

В. В. Майер
**АВТОКОЛЕБАНИЯ В ШКОЛЬНОМ
 УЧЕБНИКЕ ФИЗИКИ**

Рассмотрена методика изучения автоколебаний, представленная в школьном учебнике физики для 11 класса.

Ключевые слова: школьный учебник физики, автоколебания, методика изучения, критический анализ.

Возникает устойчивое ощущение, что научная дисциплина «Теория и методика обучения и воспитания (физика)» существует сама по себе, а школьный учебник физики, не догадываясь о наличии этой дисциплины, благополучно существует сам по себе. Чтобы понять истоки этого ощущения, рассмотрим, например, методику изучения автоколебаний, представленную в классическом учебнике физики для 11 класса Г. Я. Мякишева [1].

1. Общие положения

Автоколебаниям в этом учебнике посвящен большой параграф, в котором дается понятие автоколебательной системы, рассматривается способ создания незатухающих колебаний в контуре, обсуждается работа генератора на транзисторе, перечисляются основные элементы автоколебательной системы осцилляторного типа и приводятся примеры автоколебательных систем. Обучающиеся должны усвоить, что типичная автоколебательная система содержит следующие элементы [1, с. 103]: 1) собственно колебательную систему или *осциллятор*; 2) источник энергии; 3) клапан, регулирующий поступление энергии из источника в колебательную систему; 4) звено положительной обратной связи (рис. 1).

Правильность этих и других *сообщаемых учебником теоретических сведений* не вызывает сомнений. Основная претензия к школьному учебнику физики (науки эксперимен-

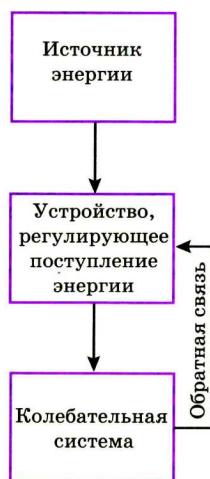


Рис. 1

тальной!) состоит в полном отсутствии в тексте экспериментального обоснования справедливости этих сведений.

Однако сейчас нас интересует даже не этот удивительный факт, а *методика* изложения учебного материала.

2. Как создать незатухающие колебания в контуре?

Чтобы получить ответ на поставленный вопрос, учебник предлагает рассмотреть два рисунка [1, с.102]. На первом из них изображены источник постоянного напряжения, замкнутый ключ, плоский конденсатор с воздушным диэлектриком и подключенная к нему параллельно катушка без сердечника (рис. 2.1). Кроме того, на нем плюсом и минусом обозначены пластины конденсатора, *черной стрелкой* показано направление тока, идущего от положительного полюса источника к параллельному колебательному контуру, и *красной стрелкой* обозначено некое направление от отрицательной пластины конденсатора.

Этот рисунок должен показывать, что для пополнения энергии в контуре можно подзаряжать его конденсатор. «Для этого нужно периодически подключать контур к источнику постоянного напряжения. Конденсатор должен подключаться к источнику только в те интервалы времени, когда присоединенная к положительному полюсу источника пластина заряжена положительно, а присоединенная к отрицательному полюсу — отрицательно (рис. 2.1). Только в этом случае источник будет подзаряжать конденсатор, пополняя его энергию» [1, с. 102].

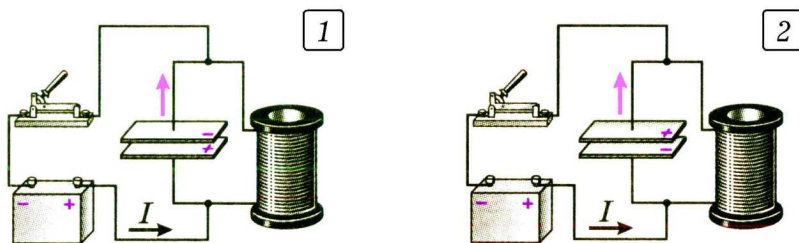


Рис. 2

С точки зрения методики физики у рис. 2.1 четыре основных недостатка, которые удобно выразить в форме вопросов: 1) Зачем в 11 классе вместо прозрачной и понятной обучающимся схемы электрической цепи использовать примитивный рисунок, не имеющий отношения к реальности? 2) Для чего в установке нужен ключ, который все время включен? 3) По какой замкнутой цепи идет ток, обозначенный черной стрелкой? 4) Что означает красная стрелка, направленная от отрицательной пластины конденсатора? Ни один

учитель не в состоянии вразумительно ответить на эти вопросы, если они вдруг внезапно возникнут у школьников.

Обратимся теперь к рис. 2.2, который расположен рядом с рис. 2.1. Легко видеть, что второй рисунок ничем не отличается от первого, кроме одного: на пластинах конденсатора знаки зарядов изменены на противоположные. Этот рисунок должен показать, что «источник постоянного напряжения, постоянно подключенный к конденсатору контура, не может поддерживать в нем незатухающие колебания. ... В течение половины периода энергия поступает в контур, а в течение следующей половины периода возвращается в источник» [2, с. 105]. Понятно, что ничего этого обсуждаемый рисунок не показывает.

3. Работа генератора на транзисторе

Далее в учебнике приведена упрощенная схема автоколебательной системы на транзисторе (рис. 3) и пояснен принцип действия генератора, собранного по подобной схеме [1, с. 102–103]. Словесное описание этой схемы вполне приемлемо, но сама схема вызывает недоуменные вопросы: почему ток коллектора I_K идет только по катушке колебательного контура, а ток базы I_B идет в эмиттер транзистора? Начиная с 8 класса, школьники знают, что электрические токи идут по замкнутым цепям от плюса к минусу соответствующего источника. Где эти замкнутые цепи и источники на схеме (рис. 3)?

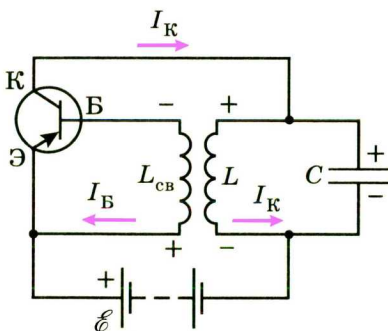


Рис. 3

Основной недостаток разобранный в учебнике генератора на биполярном транзисторе состоит в том, что в школе нет прибора, который мог бы убедительно продемонстрировать реальность этого генератора и правомерность данного в учебнике объяснения принципа его действия.

4. Методически грамотное построение объяснения принципа действия электронной автоколебательной системы

При подключении параллельного колебательного контура LC ключом (кнопкой) $SA1$ к источнику питания с ЭДС \mathcal{E} (рис. 4.1) электрический ток идет от плюса источника через катушку и конденсатор колебательного контура к минусу источника. При этом конденсатор заряжается так, что на его верхней обкладке появляется положительный заряд, а на нижней — равный ему по модулю отрицательный. При размыкании ключа конденсатор разряжается через катушку так, что в контуре происходят собственные колебания с периодом $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Это затухающие колебания, так как первоначально запасенная в конденсаторе энергия расходуется в основном на выделение джоулева тепла в катушке и других проводниках контура.

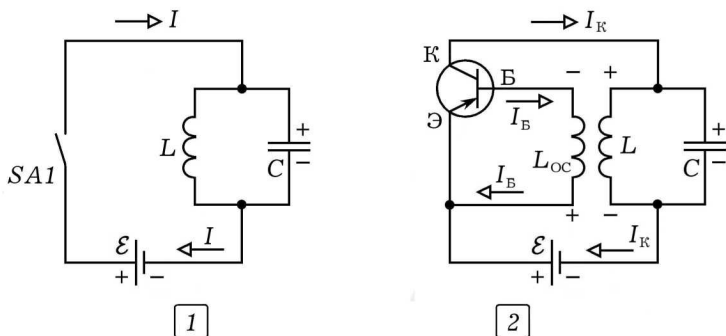


Рис. 4

Чтобы колебания стали незатухающими, нужно в течение каждого периода добавлять энергию из источника в контур. Для этого достаточно замыкать ключ $SA1$ каждый раз, когда на верхней обкладке конденсатора будет расти положительный заряд, а на нижней — отрицательный. В этом случае электрический ток от источника будет подзаряжать конденсатор. Если дополнительный заряд станет равен тому, который конденсатор теряет за период собственных колебаний контура, то колебания станут незатухающими.

Вместо ручной подкачки энергии в контур можно использовать электронный клапан, который будет управляться самим контуром. На рис. 4.2 изображен такой клапан в виде биполярного транзистора $p-n-p$ -типа и катушки обратной связи L_{oc} . Эта катушка должна быть расположена относительно контурной катушки L так, чтобы когда на верхней пластине конденсатора положительный заряд, на соединенном с базой транзистора выводе катушки был отрицательный потенциал относительно эмиттера. В таком случае сопротивление перехода эмиттер–база–коллектор транзистора резко

уменьшается, транзистор открывается и от плюса источника через транзистор идет ток коллектора, который проходит через колебательный контур к минусу источника. При этом конденсатор подзаряжается и, если поступающая в контур энергия компенсирует ее потери при свободных колебаниях, то электрические колебания становятся незатухающими.

Такая обратная связь называется *положительной*. Если катушку L_{oc} перевернуть или ее выводы поменять местами, то транзистор будет открываться всякий раз, когда верхняя обкладка конденсатора заряжена отрицательно. Ток коллектора будет не увеличивать, а уменьшать заряд конденсатора так, что затухание колебаний не только не уменьшится, а еще более возрастет, чем при отсутствии клапана. Такая обратная связь называется *отрицательной*.

5. Заключение

В предыдущем пункте приведено простое и понятное, хотя и упрощенное, объяснение принципа действия электронной автоколебательной системы. Однако для хорошего школьного учебника этого недостаточно: нужен демонстрационный или лабораторный опыт, который подтверждал бы теоретические уопостроения. Рассмотренный здесь электронный генератор для этой цели не подходит, так как электрические колебания не видны и для их обнаружения необходимы специальные устройства типа осциллографа. Но использование осциллографа на школьных уроках требует достаточного уровня интеллектуального развития обучающихся. Надеяться на это, учитывая время, выделенное в современной школе на изучение физики, нельзя.

Таким образом, мы приходим к выводу, что для школьных уроков необходима простая, доступная и понятная электронно-механическая автоколебательная система.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00157. *Acknowledgments*: The reported study was funded by RFBR, project number 20-013-00157.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мякишев Г. Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2016. — 432 с. — (Классический курс).
2. Мякишев Г. Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. В. И. Николаева, Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2010. — 399 с. — (Классический курс).