

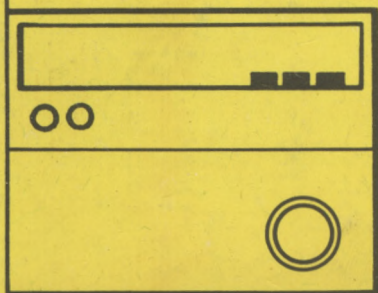
# ЕЛЕК

В.І. КОНДРАТЕНКО



# НІКА

**В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ**



В. І. КОНДРАТЕНКО

# ЕЛЕКТРОНІКА В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ

Посібник для вчителів

ВИДАВНИЦТВО „РАДЯНСЬКА ШКОЛА“  
КИЇВ — 1972

У посібнику узагальнено досвід проведення позакласних занять з електроніки в середній загальноосвітній школі, показано їх роль у політехнічній підготовці учнів, висвітлено окремі питання методики проведення занять, подано схеми саморобних приладів.

Посібник розрахований на вчителів — керівників технічних гуртків і студентів педагогічних інститутів.

**Василий Иванович Кондратенко**

**Электроника во внеклассной работе**  
(на украинском языке)

Издательство «Радянська школа»  
Комитета по печати при Совете Министров  
Украинской ССР

Редактор *Е. О. Крагель*. Літредактор *Н. Ф. Сідаш*. Художній редактор *Г. І. Грибова*. Обкладинка художника *В. Г. Самсонова*. Технічний редактор *В. М. Зайцева*. Коректори *Л. А. Губкіна* і *О. Д. Швець*

Здано до набору 21/IV 1971 р. Підписано до друку 7/VII.1971 р.  
Папір 84×108<sup>1</sup>/<sub>2</sub> друк. № 3 Умовн. арк. 7,56, видавн. арк. 7,59. Тираж 15 000. БФ. 07690.

Видавництво «Радянська школа» Комітету по пресі при Раді Міністрів Української РСР, Київ, вул. Юрія Коцюбинського, 5.  
Видавн. № 20334. Ціна 34 коп. Зам. 2-14.

Надруковано з матриць Книжкової фабрики ім. М. В. Фрунзе Комітету по пресі при Раді Міністрів УРСР, Харків, Донець-Захаржевська, 6/8 на Друкоофсетній фабриці «Комуніст» Комітету по пресі при Раді Міністрів УРСР, Харків, Енгельса, 11.

## ПЕРЕДМОВА

Позакласні заняття з радіоелектроніки відкривають великі можливості в поєднанні колективної суспільно корисної праці з позаурочним навчанням і активним відпочинком, у всебічному розвитку учнів та їх професійній орієнтації. Радіоелектронікою захоплюється багато учнів різного віку. Методика роботи гуртків радіоелектроніки систематично вдосконалюється, підвищується кваліфікація керівників, збагачується матеріальна база для проведення занять як у школі, так і вдома.

Популярність гуртків радіоелектроніки не випадкова. Радіоелектроніка, як відзначив академік О. Л. Мінц, у наш час визначає загальний науково-технічний прогрес [25]. Вона акумулювала в собі найважливіші здобутки науки і техніки, і в свою чергу виступає як найпотужніший і найефективніший засіб експериментальних досліджень у всіх галузях сучасної науки.

Мало в якій галузі техніки аматори-конструктори досягають таких високих результатів, як у радіоелектроніці. Доступність виготовлення приладів зумовлена уніфікацією вузлів і порівняно простими способами їх переробки.

Добре організовані заняття з радіоелектроніки активізують всю позакласну роботу. Радіоелектронні пристрої, виготовлені гуртківцями, використовуються на заняттях майже всіх гуртків (предметних, художньої самодіяльності, спортивних). Помітно зростає їх роль і в організації масових загальношкільних заходів.

Робота в гуртках радіоелектроніки сприяє військово-патріотичному вихованню. Учні набувають тут знань, потрібних для служби в Радянській Армії і готуються до вступу у військові навчальні заклади.

Гурткові заняття з радіоелектроніки є ефективним засобом розвитку розумових та технічних здібностей учнів, засобом виховання їх волі, наполегливості, працьовитості.



Для практичного вивчення радіоелектроніки і широкого використання відповідної апаратури в сучасних школах уже склалися сприятливі умови. В останні роки для шкіл випущено багато електронних приладів: діючі моделі електронних вузлів, осцилоскопи, електронні секундоміри, клістронні генератори сантиметрових хвиль, ультразвукові та звукові генератори, лічильники-секундоміри на декатронах, які не так давно були тільки в наукових лабораторіях.

Суцільна електрифікація та радіофікація нашої Батьківщини є вирішальним матеріальним фактором розвитку масової технічної творчості учнів.

Детально розроблена методика проведення гурткових занять з радіотехніки. На допомогу вчителям та учням-радіоаматорам випущено багато методичної літератури. Заняттям з електроніки в методичній літературі приділено значно менше уваги, тому в цьому посібнику мова йде переважно про електроніку, хоча в школах, як правило, організовуються гуртки радіоелектроніки.

В основу посібника покладено досвід автора в проведенні гурткових занять з електроніки та в конструюванні електронних пристроїв для учнівських технічних саморобок і фізичного експерименту.

Систематизуючи матеріал для занять, автор намагався знайти загальні підходи до вивчення основних електронних приладів, що найчастіше використовуються в учнівських виробках, і не ставив за мету описати всі саморобки, рекомендовані для гурткових занять. Описи і принципові схеми приладів, вміщені в посібнику, лише ілюструють можливі напрямки конструкторської діяльності гуртківців.

Значна увага приділена самостійним дослідям та практичним задачам, які розвивають розумові і технічні здібності учнів.

Автор висловлює щире подяку доц. Б. Ю. Миргородському, за задумом і за редакцією якого написаний цей посібник, та тт. Н. М. Гамалю і І. М. Журавлю, які брали участь в педагогічних експериментах та в оформленні рукопису.

Посібник є першою спробою автора поділитися з читачами своїм багаторічним досвідом. Критичні зауваження та поради керівників гуртків, які користуватимуться цією книжкою, просимо надсилати на адресу: Київ, 53, вул. Юрія Коцюбинського, 5, вид-во «Радянська школа», редакція фізики.

# ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ РОБОТИ ГУРТКІВ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

## § 1. Основні завдання гуртків радіоелектроніки

Передові вчителі-ентузіасти досягли винятково великих успіхів в організації позакласної роботи учнів. Гуртківці виготовляють цінні наочні посібники та пристрої, придатні для практичного застосування в народному господарстві, розширюють та поглиблюють свої знання, набувають навичок творчої колективної праці.

Проте передовий досвід ще не став надбанням усіх учителів. Стан позакласної роботи у багатьох школах не відповідає зростим вимогам. Часто гуртки функціонують ізольовано від основної маси учнів. Зміст занять визначається випадковими факторами. Іноді вони перетворюються у ремісничі справи або в додаткові заняття з фізики. Порушуються наступно-перспективні зв'язки при формуванні знань. Гуртківці протягом кількох років виконують однотипні завдання. Роботу технічних гуртків оцінюють за кількістю виготовлених приладів, а не за рівнем політехнічної підготовки учнів. Перелічені недоліки знижують педагогічну ефективність позакласної роботи. Іноді одностороннє захоплення одним видом позакласної роботи без педагогічного керівництва навіть негативно впливає на успішність учнів і завдає шкоди їх загальному розвитку.

Перед технічними гуртками стоять завдання найбільш раціонально використати вільний час учнів для підготовки їх до праці і навчання в умовах сучасного високо механізованого виробництва і зокрема: 1) розвивати розумові і технічні здібності учнів; 2) виховувати в комуністичному дусі підрастаюче покоління; 3) розширювати і поглиблювати політехнічні знання, вміння і навички учнів; 4) формувати в них навички самостійної роботи; 5) скеровувати інтереси учнів у напрямках, що найбільше відповідають їх нахилам і потребам суспільства — сприяти професійній орієнтації гуртківців.

Гуртки радіоелектроніки повинні, крім цього, дбати про поповнення учбових кабінетів радіоелектронним обладнанням і технічними засобами навчання.

## § 2. Зміст позакласної роботи

Гуртки радіоелектроніки справляються з своїми завданнями, коли позакласна робота проводиться за чіткою системою, що охоплює 3—5 вікових груп і пов'язується з вивченням предметів природничого циклу на уроках, якщо на заняттях переплітаються теорія і практика, навчання і суспільно корисна праця.

Оскільки в роботі гуртків повинні постійно враховуватися нові досягнення техніки, важко виробити стабільну програму, яка регламентувала б усі види учнівської діяльності. На практиці доводиться складати перспективні і робочі плани, керуючись лише орієнтовною програмою і загальними принципами дидактики. Матеріал для занять гуртка слід добирати за такими критеріями:

а) придатність його для формування наукового світогляду учнів, розвитку їх мислення, для здійснення виховних цілей; б) відповідність сучасному рівню розвитку науки і техніки; в) цінність для загальної і політехнічної освіти, для трудового навчання; г) перспектива поглиблення або практичного застосування здобутих на заняттях гуртка знань, умінь, навичок після закінчення школи; д) наявність засобів унаочнення.

Плани роботи шкільних гуртків часто погоджуються з Палацами піонерів, СЮТ, клубами ДТСААФ.

Нижче пропонується орієнтовна тематика занять з електроніки, розроблена на основі завдань, що стоять перед гуртком, і педагогічного досвіду.

Попереднє ознайомлення з побутовою радіоелектронною апаратурою і найпростішими електронними пристроями доцільно розпочати на заняттях гуртків «Юний технік», або «Умілі руки» (4—5 класи), організовуючи відповідні ігри.

Гуртківці 6—8-х класів практично ознайомлюються з найважливішими електричними й електронними приладами, з основними електричними величинами та способами їх вимірювання; виготовляють прості електронні вироби для шкільного фізичного експерименту, домашньої лабораторії, ігор і розваг.

Заняття старшокласників слід диференціювати так, щоб кожний з гуртківців міг обрати одну галузь практичного застосування електроніки для глибшого вивчення. Сучасне обладнання кабінетів фізики дає можливість працювати

над такими темами: «Радіотехніка», «Електроніка в фізичному експерименті», «Електроніка в автоматичній телемеханіці», «Електроніка в народному господарстві», «Електронні вузли обчислювальних машин», «Електроніка і технічні засоби навчання». Для старшокласників, крім того, корисно прочитати кілька оглядових лекцій із найважливіших розділів електроніки.

## ПРОГРАМА ГУРТКА ЕЛЕКТРОНІКИ ДЛЯ УЧНІВ СЕРЕДНІХ КЛАСІВ

### *1. Перший рік занять*

1. Вступна бесіда. Що таке радіоелектроніка? Радіоелектроніка навколо нас. Найвидатніші досягнення нашої країни в галузі радіоелектроніки. Чим займаються на заняттях гуртка? Як проводять гурткові заняття? Правила поведінки в кабінеті або кімнаті технічної творчості (1 заняття).

2. Ознайомлення з побутовою радіоелектронною апаратурою. Правила користування радіоприймачами, радіолами, магнітофонами (магнітолами), телевізорами (радіокомбайнами) (3—4 заняття).

3. Поняття про найважливіші електричні прилади та величини.

Електричний струм, амперметр, вимірювання струму, електричний опір, омметр, вимірювання опорів (2 заняття).

Конденсатори. Змінний струм (1 заняття).

Трансформатори. Електрична напруга, вольтметри, вимірювання напруги (2 заняття).

Електромагніти, котушки індуктивності (1 заняття).

Електромагнітні реле. Потужність електричного струму (2 заняття).

4. Поняття про електронні прилади, які перебувають тільки у двох електричних станах. Електричні вентиля (кристалічні), їх основні властивості. Випрямлячі змінного струму (2 заняття).

Неонові лампи, їх властивості та практичне застосування в учнівських саморобках (2 заняття).

Тиратрони з холодним катодом, їх властивості та практичне застосування в учнівських саморобках (2 заняття).

П р а к т и ч н і   р о б о т и. Виготовлення випрямлячів, реле часу, метрономів, індикаторів напруги. Підготовка до виставки.

## II. Другий рік занять

1. Вступна бесіда. Підсумки результатів роботи за минулий рік, плани на наступний рік (1 заняття).

2. Електронні лампи (тріоди), їх основні властивості та практичне застосування в учнівських саморобках (2 заняття).

3. Транзистори, їх основні властивості та практичне застосування в учнівських саморобках. Перевірка якості транзисторів (2 заняття).

4. Поняття про підсилювачі, їх виготовлення та практичне застосування (4 заняття).

5. Поняття про електронні генератори, їх виготовлення та практичне застосування (4 заняття).

6. Радіоприймачі прямого підсилення. Складання радіоприймачів з готових і самостійно виготовлених вузлів (5 занять).

П р а к т и ч н і   р о б о т и. Виготовлення підсилювачів до радіоприймачів та переговорних пристроїв, генераторів звукової частоти та реле для дослідів з фізики і технічних іграшок, простих радіоприймачів. Підготовка до виставки.

## III. Третій рік занять

1. Вступна бесіда (1 заняття).

2. Поняття про фотоеlementи, їх основні властивості та застосування (2 заняття).

3. Ознайомлення з кінескопами (1 заняття).

4. Поняття про будову телевізора (2 заняття).

5. Електронні вимірювання. Електричні містки з електронними вузлами. Прилади безпосередньої оцінки з електронними підсилювачами (2 заняття).

Поняття про вимірювання неелектричних величин (1 заняття).

6. Електронні вузли автоматичних систем (3 заняття).

7. Електроніка в шкільному фізичному експерименті. Електронні метрономи, секундоміри, електрометри, підси-

лювачі до гальванометрів, їх виготовлення та практичне застосування (4 заняття).

**П р а к т и ч н і р о б о т и.** Виготовлення найпростіших приладів для вимірювання ємності конденсаторів, опорів резисторів, параметрів транзисторів, електротермометрів, фотореле, термореле, акустичних реле для фізичного експерименту та технічних іграшок.

Підготовка до виставок, вечорів фізики і техніки.

## ПРОГРАМА ГУРТКА ЕЛЕКТРОНІКИ ДЛЯ СТАРШОКЛАСНИКІВ

Узагальнення, систематизація та поглиблення знань, здобутих на заняттях гуртка для учнів середніх класів та на уроках фізики.

Тематика лекцій-бесід:

1. Вступна лекція (1 заняття).
2. Електронні прилади (1 заняття).
3. Перетворювачі електричного струму та напруги (1 заняття).
4. Електронні підсилювачі. Принцип дії, практичне застосування (1 заняття).
5. Електронні генератори. Принцип дії, практичне застосування (1 заняття).
6. Електронно-оптичні перетворювачі. Принцип дії, практичне застосування (1 заняття).
7. Електроніка і засоби зв'язку (1 заняття).
8. Заклучна бесіда (1 заняття).

Для поглибленого вивчення вибирається одна з таких галузей практичного застосування електроніки:

### *1. Електроніка в шкільному фізичному експерименті*

1. Роль електронних пристроїв у фізичному експерименті (2 заняття).
2. Виготовлення копій та аналогів шкільних електронних приладів (4 заняття).
3. Конструювання й виготовлення:
  - а) допоміжних пристосувань для урочних демонстрацій (5 занять);
  - б) електронних генераторів для шкільного демонстраційного експерименту (6 занять);

в) пристроїв для вимірювання проміжків часу — тривалості фізичних процесів (4 заняття);

г) допоміжних пристроїв для гурткових занять (4 заняття).

## *II. Електроніка в автоматичній і телемеханіці*

1. Переваги електронних пристроїв автоматичних систем над електромеханічними (1 заняття).

2. Конструювання, виготовлення та практичне застосування

а) датчиків та задатчиків (4 заняття);

б) автоматичних регуляторів (5 занять);

в) електронних автоматів (6 занять);

г) багатоканальних телемеханічних ліній зв'язку (4 заняття);

д) радіоліній телемеханічних вимірювань (5 занять).

## *III. Електроніка в народному господарстві*

1. Електроніка і технічний прогрес (лекція-бесіда, 1 заняття).

2. Популяризація ролі радіоелектроніки в народному господарстві (4 заняття).

3. Конструювання, виготовлення та практичне застосування

а) діючих моделей електронних технічних установок (5 занять);

б) електричних пристроїв контролю і захисту (5 занять);

в) вологомірів (5 занять);

г) вимірників захисних покриттів та дефектоскопів (5 занять).

## *IV. Елементи електронно-обчислювальних машин та кібернетичних пристроїв*

1. Електронно-обчислювальні машини — найвидатніше досягнення електронної техніки (лекція-бесіда, 1 заняття).

2. Конструювання, виготовлення та практичне застосування

а) діючих моделей шифраторів та дешифраторів, логічних елементів, суматорів (14 занять);

б) електронних пристроїв безперервної дії (5 занять);

в) елементів кібернетичних систем (5 занять).

## *V. Технічні засоби навчання*

1. Електроніка і технічні засоби навчання (лекція-бесіда, 1 заняття).

2. Конструювання, виготовлення та практичне застосування

а) пультів керування та допоміжних пристроїв до технічних засобів навчання (5 занять);

б) апаратів для індивідуальних занять з учнями (10 занять);

в) установок для фронтальної перевірки знань, умінь та навичок учнів (10 занять).

Наявність єдиної програми гурткових занять не виключає роботи окремих учнів за індивідуальними планами. Це стосується тих учнів, які приходять у гуртки пізніше від своїх товаришів і тих, які беруть участь в інших гуртках і бажають ознайомитись з будовою тих чи інших електронних приладів. Індивідуальні програми можуть включати поряд з окремими питаннями загальних програм практикуми з дослідження шкільних електронних пристроїв, настроювання та регулювання радіоелектронної апаратури, виготовлення пристроїв для демонстраційного експерименту, випуск технічних бюлетенів, фотомонтажів, підготовку виставок тощо.

### **§ 3. Форми позакласної роботи і методи проведення занять з електроніки**

Форми організації позакласних занять визначаються насамперед характером діяльності учнів, місцем цих занять у навчально-виховному процесі. Щоб забезпечити всебічний розвиток учнів, треба максимально розширювати сферу їх діяльності, включати в неї якнайбільше *видів робіт*: спостереження, досліді, практикуми, технічне прогнозування і відшукування несправностей в апаратах, виготовлення приладів за монтажними, принциповими і структурними схемами, розв'язування технічних задач, експериментальну перевірку логічних умовиводів, конструювання і виготовлення приладів для здійснення технічних задумів, раціональну експлуатацію обладнання, збирання й обробку технічної інформації, оформлення технічної документації тощо. Широко практикуються індиві-



дуальні та групові домашні завдання експериментального характеру, індивідуальні і групові практичні завдання по ремонту приладів або підготовки демонстрацій, організація фізико-технічних вечорів, диспутів, конкурсів кмітливості.

Регулярні заняття гуртка із сталим складом учнів за сталим розкладом є *основною формою позакласної роботи*. Ефективність всіх позаурочних занять визначається переважно рівнем організації гурткової роботи. Іншою формою є групові заняття учнів без учителя — це самостійна робота, для якої характерні самоорганізація і самоконтроль. Індивідуальна робота учнів (виготовлення приладів, опрацювання літератури, підготовка доповідей, повідомлень для масових вечорів або шкільних радіопередач тощо) часто розглядається як окрема форма позаурочної роботи. Нею охоплюється велике число учнів.

Найпопулярнішою масовою формою епізодичних позаурочних занять є вечори фізики і техніки, конкурси кмітливості та винахідливості. У школах, де є учнівські клуби, важлива роль належить технічним конференціям.

На позакласних заняттях з радіоелектроніки застосовуються різноманітні методи, які розвивають творчу ініціативу учнів, але окремі з них переважають в роботі з гуртківцями різного віку.

Заняття гуртківців *першого року* переважно мають практичний характер (вмикання, настроювання, регулювання апаратури, монтаж і дослідження пристроїв, вправи на вимірювання фізичних величин і параметрів приладів, графічні вправи). Практичні заняття супроводяться поясненням, інструктажем, бесідами, роботою з книжкою та відповідним унаочненням.

На *другому році* характер занять дещо змінюється. Основна увага приділяється дослідам, монтуванню та практичному використанню електронних пристроїв. Ускладнюються трудові вправи, збільшується їх кількість. Активізуються і словесні методи. До розповідей, бесід, інструктажів залучаються учні, які діляться своїми знаннями, досвідом з товаришами.

На *третьому році* занять гуртківці ознайомлюються з практичним застосуванням електронних пристроїв, тому поряд з практичними методами (насамперед виготовлення приладів) підвищується роль окремих словесних і наочних методів, зокрема обмін досвідом між учнями, демонстру-

вання гуртківцями своїх виробів перед товаришами, спостереження за дією технічних електронних апаратів.

Розвиток творчої ініціативи забезпечують і окремі методичні прийоми, які рідко використовуються на уроках: обговорення планів роботи колективу та окремих учнів, взаємоконтроль учнів і т. д. На відміну від уроків, де переважає, якщо можна так виразитись, паралельне навчання, коли всі учні дістають інформацію одночасно, на позакласних заняттях широко практикується послідовне — учень дістає інформацію тоді, коли вона йому найбільш потрібна, а решту часу витрачає для її осмислення і практичного застосування.

Кращим способом виявлення і розвитку ініціативи учня є індивідуальна бесіда, в якій учень висловлює свої міркування щодо виконання конкретної роботи. Як правило, чим менше підготовлений учень, тим менш реальні пропозиції та задуми виникають у нього. Проте жодну з них не можна відкидати баззастережно, не переконавши учня у нездійсненності його задуму або недоцільності пропозиції.

Практичні заняття в гуртку не спонукатимуть учнів до глибокого вивчення шкільних предметів, якщо вчитель систематично не ставитиме перед ними певних проблемних питань. Заняття з електроніки дають великі можливості для створення ситуацій, коли учень повинен для відповіді на поставлене запитання відтворити у пам'яті конкретний матеріал. Ефективність проблемних і «тупикових» ситуацій особливо велика, коли учень самостійно знаходить правильну відповідь.

Глибокому проникненню в суть фізичних процесів сприяє також розв'язування «діагностичних» задач, коли треба з допомогою логічних і дослідницьких операцій встановити, чому конкретний пристрій не працює або працює так, а не інакше.

У роботі із старшокласниками значно зростає роль словесних методів: розповідей, лекцій, пояснень, бесід, інструктажів. «Звичайно,— писав І. П. Павлов,— слово для людини є такий самий реальний умовний подразник, як і всі інші... Слово, завдяки всьому попередньому життю дорослої людини, ... може викликати всі ті дії, реакції організму, які зумовлюють подразнення»\*.

---

\* І. П. П а в л о в, Полное собрание сочинений, т. IV, М.— Л., Изд-во АН СССР, 1951, стор. 428.

Ефективною формою роботи є лекції-бесіди, якщо вони унаочнюються художньо оформленими ілюстраціями, короткими коментарями учнів, самостійною роботою з літературою, демонструванням приладів, фрагментів кінофільмів. Добре організовані, естетично оформлені, змістовні і доступні лекції-бесіди збирають велику аудиторію. Їх охоче відвідують учні і вчителі.

Поскільки вимоги до лекцій-бесід великі і не в кожній школі є змога їх проводити, доцільно епізодично організовувати міжшкільні гуртки-семінари. Домінуючими на заняттях учнів-старшокласників лишаються практичні методи.

#### **§ 4. Розумовий розвиток учнів на гурткових заняттях**

Розумове виховання сучасна педагогіка розглядає як найважливішу підготовку до життя і праці підростаючого покоління, тому не можна миритися з недооцінкою ролі позакласних занять. Більше того, деякі мислительні операції, абсолютно необхідні для творчої праці в сучасному виробництві, можуть бути розвинені тільки на заняттях технічних гуртків, оскільки головним джерелом технічного мислення людини є її трудова діяльність.

Першою типовою рисою розвинутого розуму окремі психологи і педагоги небезпідставно вважають спостережливість. На гурткових заняттях спостережливість інтенсивно розвивається при систематичних спостереженнях і досліджах та виконанні всіх трудових вправ. Теоретично-практичний характер діяльності гуртківців сприяє також поглибленню їх допитливості, розвитку технічної уяви, наукового передбачення.

Репродуктивна уява початківців, що виникає на основі знань, здобутих при спостереженнях, у процесі трудової діяльності поступово переростає у творчу уяву. Учні, які поєднують навчання з осмисленою працею, мають, як правило, кращу технічну уяву, ніж їх однокласники з такою самою успішністю.

Той факт, що, розв'язуючи будь-яке практичне завдання, гуртківці повинні постійно передбачати наслідки певних дій або процесів і практично перевіряти ці передбачення, свідчить про великі можливості гуртків у розвитку технічного мислення.

На гурткових заняттях постійно вдаються до порівняння. Порівняння К. Д. Ушинський вважав основним

прийомом розумових дій: «Якщо хочете будь-який предмет зовнішньої природи зрозуміти ясно, то відрізняйте його від найбільш схожих на нього предметів і знаходьте в ньому подібність до найвіддаленіших від нього предметів...»\*. Електронні прилади і пристрої порівнюють з раніше вивченими електричними або механічними, а також між собою для знаходження в них однакових властивостей і характерних відмінностей (електричні вентиля — неонові лампи, тиратрони; транзистори — вакуумні тріоди; підсилювачі — генератори; випрямлячі — інвертори).

Порівняння використовується і для ознайомлення з технічним застосуванням електроніки. Виготовлені учнями саморобки порівнюються з технічними виробами, промислова апаратура — з її діючими моделями, макетами (випрямлячі саморобні — технічні, гальванометр з підсилювачем — електронний вольтметр, потужний інвертор — його діюча модель тощо).

Кожна трудова операція пов'язана з аналізом і синтезом. Вивчаючи прилади і їх схеми, гуртківці аналізують їх. Складанню приладів завжди передують синтез задуманих об'єктів. При конструюванні приладів аналіз і синтез здійснюються паралельно, чергуючись у часі. Слід відзначити, що вміння аналізувати само по собі не перетворюється у вміння синтезувати (учні, які користуються тільки готовими схемами, розробками, неспроможні самостійно сконструювати найпростіші саморобки).

Операції абстрагування й конкретизації супроводять всі вище названі операції мислення. До них особливо часто звертаються при проектуванні нових приладів. Адже, щоб створити новий прилад, який би задовольняв конкретні вимоги, треба мати абстрактне поняття про вид і клас таких приладів взагалі і конкретні відомості про кожний з екземплярів зокрема. Наприклад, щоб спроектувати новий генератор звукової частоти на транзисторі, слід знати, що таке генератори взагалі і вміти знайти конкретні форми реалізації технічного задуму. Абстрагування є результатом вивчення багатьох споріднених предметів чи явищ в процесі роботи учня над окремою темою. Застосування набутих знань на практиці пов'язане з конкретизацією. З деяким наближенням можна сказати, що навчаючись, учень

---

\* К. Д. У ш и н с к и й, Сочинения, т. 7, Изд-во АПН РСФСР, 1949, стор. 332.

переходить від конкретних понять до абстрактних — переважають операції абстрагування, а виконуючи певне завдання, іде зворотним шляхом — переважною стає конкретизація.

На заняттях старшокласників до індуктивних і дедуктивних умовиводів доводиться вдаватися однаково часто. При конструюванні пристроїв і встановленні технічних діагнозів несправності виробів вони застосовуються паралельно. Наприклад, відомо, що електронний пристрій не працюватиме, якщо відсутня або недостатня напруга живлення, неправильно приєднані виводи як активних так і деяких пасивних (трансформаторів) елементів; невдало розраховані і підібрані деталі до нього тощо. Очевидно, що коли прилад не діє, то згідно з дедуктивним умовиводом треба шукати причини серед тих, які властиві усім електронним пристроям. Але зовсім не обов'язково кожен з можливих причин перевіряти експериментально. Процес індуктивного умовиводу допомагає встановити справжню причину, виходячи з її можливих наслідків.

На практичних заняттях учні переконуються, що поверхові формальні знання не дають ніякої користі і тому прагнуть глибоко опанувати пропонований їм матеріал.

На позакласних заняттях створюються значно сприятливіші умови для вироблення критичності мислення, ніж на уроках, де думка учня більше підпорядкована волі вчителя. Критичність мислення виховується при аналізі і порівнянні різних однотипних виробів, при виборі оптимальних варіантів для здійснення задумів і т. д., коли учні привчаються обґрунтовувати, відстоювати свої думки і переконання. Одночасно вони усвідомлюють шкідливість «критичних» тверджень, які склалися на основі поверхових знань. Критичність мислення — обов'язкова риса раціоналізаторів і винахідників.

Щоб полагодити апаратуру, знайти несправність однієї з десятків або сотні ланок, треба вміти швидко переходити від однієї думки до іншої, не втрачаючи зв'язку між ними. У практиці ремонту і лагодження апаратури, де десятки причин можуть зумовлювати одні й ті самі несправності і кожен з них треба вміти швидко проаналізувати, розум стає гнучкішим, рухливішим.

Широта розуму розвивається в діяльності, пов'язаній з охопленням в уяві великого кола фактів, явищ, із зіставленням їх, встановленням між ними логічних зв'язків. Саме такий характер діяльності конструктора електронних

пристроїв, які складаються з десятків і сотень взаємозв'язаних елементів. Не вміючи одночасно аналізувати велику кількість причин і швидко помічати способи їх усунення, неможливо виявити дефекти навіть простої конструкції.

Для багатьох масових професій (пілотів, шоферів, операторів) необхідно мати «швидкий розум», щоб за найкоротший час розв'язувати альтернативні завдання і приймати єдино правильні рішення. Ці властивості розвиваються і при налагодженні радіоелектронної апаратури.

Гурткові заняття розвивають самостійність мислення, коли учень сам вибирає завдання, обгрунтовує його доцільність і знаходить найкращі шляхи виконання. Природно, що учень не в змозі самостійно розв'язати всі питання, але коли він сам вирішив, з чого почати, за чим звернутися до вчителя, щоб здійснити свій задум, то це є ознакою самостійності мислення.

Необхідною якістю розуму кожного спеціаліста є послідовність. Вірне відображення дійсності можливе тоді, коли логічна послідовність мислення адекватна послідовності перебігу самих процесів. На позакласних заняттях розвивається і ця якість розуму.

Основна функція мислення — розв'язування задач логічного і практичного характеру. Всю багатогранну діяльність людини можна розглядати як сукупність розв'язань конкретних задач. Умова задачі визначається ситуацією, поставленим завданням. Як правило, розв'язок кожної з задач неоднозначний, тому із сукупності розв'язків треба ще вміти вибрати оптимальний у заданих умовах. Для всебічного розвитку мислення задачі слід розв'язувати саме в такому широкому плані, використовуючи всі операції мислення й удосконалюючи всі позитивні якості розуму. Позаурочні роботи з електроніки дають чудовий матеріал для розвитку мислення і в цьому плані.

Досвід показує, що розумовому розвитку учнів сприяють такі типи задач і вправ з електроніки.

1. *Вправи на читання й писання умовних графічних позначень (ГОСТ 7642—62) і принципів схем.* Вони розвивають «схемне мислення», якщо учні за кожним символом бачать конструктивно-технічний образ.

2. *Вправи на аналіз дії електронних пристроїв за їх принциповими і структурними схемами.* Ці вправи становлять значні труднощі для учнів, але привчають їх до самоконтролю, сприяють виробленню навичок перенесення

знань. Якщо важко проаналізувати дію цілого пристрою, його розчленовують. Наприклад, «На що і як впливає величина опору зарядного резистора, ємність зарядного конденсатора, напруга засвічування неонові лампи тощо?»

Навички колективної розумової роботи виробляються при колективному розв'язуванні задач на знаходження помилок у принципових схемах, нанесення позначень у «німих» схемах, спрощення схем тощо.

3. *Вправи альтернативного характеру.* В аматорській практиці вони трапляються найчастіше. Коли треба зробити якийсь прилад, наприклад підсилювач із заданими параметрами, то переважна більшість радіоаматорів збирає наявну літературу, де описано подібні прилади, і вибирає найпридатнішу схему. Щоб навчити гуртківців вибирати схему, найближчу до задуманої, їм систематично пропонують альтернативні вправи зростаючої трудності. Спочатку рекомендують шукати відмінності в подібних схемах та однакові елементи у різних схемах. Поступово ускладнюючи вправи, переходять до виділення у схемах різних пристроїв, однакових вузлів, а в однакових вузлах знаходять різні конструктивні рішення. Наприклад, у схемах різних радіоприймачів знаходити підсилювачі НЧ та встановлювати відмінності між ними.

Аналіз схем, вибір найвідповідніших варіантів часто супроводяться простими математичними обчисленнями. Задачі на обчислення можна умовно звести до: а) розрахунку струмів, напруг, опорів (на основі закону Ома) та розсіюваної потужності, б) розрахунку частоти електромагнітних коливань і параметрів контура, в) розрахунку коефіцієнтів підсилення каскадів і коефіцієнтів трансформації. Задачі, які складаються в процесі практичної роботи, становлять значний інтерес і для вчителів математики, їх можна використати на уроках алгебри.

Особливим видом задач, що переважно даються на позачасних заняттях, є задачі виробничого характеру на конструювання приладів. Конструювання приладів дає особливо великий педагогічний ефект, коли логічні операції, виконувані учнями, подібні до тих, що виконуються на виробництві. Подібність конструкторської діяльності в школі і на виробництві — в алгоритмізації процесу конструювання. Вироблення чітких алгоритмів дій значно прискорює процес конструювання і звільняє мозок від пошуків вже відомих шляхів досягнення мети.

Колективне розв'язування практичних задач супроводиться змаганням думок, що змушує кожного члена колективу працювати інтенсивно, в повну силу своїх можливостей.

## **§ 5. Виявлення і розвиток технічних здібностей учнів**

Всебічний розвиток індивідуальних здібностей є передумовою творчої праці людини, свідомого вибору нею професії в будь-якій галузі народного господарства. У зв'язку з цим проблема виявлення і розвитку здібностей і нахилів кожного учня є не тільки педагогічною, а й соціальною.

Неодмінними об'єктивними умовами виявлення і розвитку здібностей є забезпечення самостійної і творчої ініціативи на уроках, залучення всіх учнів до різних видів самодіяльності (художньої, технічної і т. д.).

Великі можливості для виявлення і розвитку технічних здібностей учнів створюються на гурткових заняттях. Гурток є найкращим засобом формування пізнавального інтересу — найважливішої і абсолютно необхідної передумови розвитку здібностей.

Інтерес до електроніки у багатьох учнів з'являється ще до їх вступу до гуртка. Цьому сприяє велике поширення радіоелектронної апаратури вдома та в школі, шкільні виставки, вечори тощо. Перші уроки з фізики, проведені в добре обладнаних кабінетах, викликають масовий інтерес учнів до техніки, особливо до радіоелектроніки.

На заняттях гуртка цей інтерес постійно підтримується і поглиблюється завдяки великій популярності змісту роботи і суспільно корисному характерові праці. Досвідчені педагоги проводять заняття так, що гуртківці завжди почувають себе дослідниками таємниць техніки, відкривачами нового. Роль керівника гуртка як оцінювача учнівських знахідок дуже відповідальна і часто відіграє вирішальну роль у розвитку технічних здібностей гуртківців і виборі ним професії.

Один і той самий результат діяльності гуртківця оцінюється по-різному, залежно від його індивідуальних здібностей та попереднього досвіду. Педагогічно обгрунтована оцінка не тільки заохочує до дальшої творчості, а й стимулює до всебічного розвитку.

Спинимось на можливостях занять у розвитку просторової і творчої уяви як компонентів технічних здібностей.



Учні приходять у гурток, уже маючи конкретні просторові уявлення: про просторове розміщення деталей відносно вибраної вихідної точки (вище, правіше, глибше), про взаємне розміщення предметів у приміщенні. На першому році занять велика увага приділяється загальному огляду приладів, пристроїв, зіставленню їх форми, розмірів, будови, умовних позначень. Діти порівняно швидко освоюють прийняту в радіоелектроніці символіку і за кожним умовним позначенням уявляють конкретні предмети (резистори, конденсатори тощо). Уявлення просторових конструкцій за їх графічним зображенням пов'язано з великими труднощами. Щоб подолати ці труднощі, гуртківцям пропонують систематично виконувати вправи в порядку зростаючої складності: порівняння пристроїв з їх схемами (монтажними, принциповими, структурними), копіювання приладів, виготовлення саморобок за схемами, самостійне конструювання.

Розвиток просторової уяви є передумовою творчої уяви. Педагогічні спостереження показують, що вже при загальному ознайомленні з радіоелектронною апаратурою, діти намагаються внести щось своє; знайти найкращий спосіб розміщення апаратури, найзручніше сполучити її з електричною мережею і лініями зв'язку тощо. Чим краще розвинена просторова уява, тим більше творчості в діяльності учня. Характерно, що невміння графічно зображати просторові об'єкти не є наслідком лише відсутності просторової уяви. Учні, які про свої задуми можуть розповісти тільки користуючись об'ємними моделями (з пластиліну, паличок, кубиків) іноді мають добру творчу уяву, але не знають креслення. Про позитивний вплив позаурочних занять на розвиток просторової уяви свідчить той факт, що активні гуртківці мають, як правило, з геометрії і креслення добрі і відмінні оцінки.

## **§ 6. Комуністичне виховання учнів на гурткових заняттях**

Комуністична партія ставить у центр ідеологічної роботи «виховання трудящих у дусі високої політичної свідомості і комуністичного ставлення до праці»\*. На гурткових за-

---

\* Резолюція XXIII з'їзду Комуністичної партії Радянського Союзу на звітну доповідь ЦК КПРС, К., Політвидав УРСР, 1966, стор. 22.

няттях складаються винятково сприятливі умови для виховання комуністичного ставлення до праці. Гуртківці привчаються працювати, як учив В. І. Ленін, добровільно, на користь суспільства. Вони виготовляють наочні посібники для шкільних кабінетів, допомагають раціоналізаторам підшефних підприємств, виконують завдання колгоспів, активно допомагають сільським агітаторам, обладнують кабінети для занять оборонно-спортивних гуртків [7].

На гурткових заняттях виховуються трудові колективи. Гуртківців об'єднують не тільки спільні інтереси і завдання, а й колективна праця, колективна відповідальність за доручене завдання.

Колективний характер праці, що переважає на заняттях гуртка радіоелектроніки, зобов'язує до свідомої дисципліни. Кожний гуртківець за порадою вчителя вибирає собі завдання, але за якість його виконання відповідає перед товаришами і тому його дії підпорядковуються колективній волі. Гурткові заняття допомагають також виховувати комуністичне ставлення учнів до соціалістичної власності. У багатьох школах порівняно велике господарство гуртка знаходиться повністю в розпорядженні учнів. Гуртківці з перших занять привчаються до економії і розумної витрати матеріалів, деталей, до використання всіх резервів свого «виробництва».

Велика роль позаурочних занять з радіоелектроніки у військово-патріотичному вихованні учнів. На заняттях, вечорах фізики, виставках, приурочених визначним подіям (Дню космонавтики, Дню радіо), вони дізнаються про нові досягнення вітчизняної техніки, про її світовий пріоритет і проймаються почуттям гордості за свою Батьківщину. Гуртківці конструюють і виготовляють апаратуру для військово-спортивних ігор, змагань («Зірниця», «Полювання на лисиць»). Знання і вміння, набуті тут, допомагають юнакам-гуртківцям, у лавах Радянської Армії, швидко опанувати окремі військові спеціальності.

Найкраще військово-патріотичне виховання здійснюється тоді, коли районні організації ДТСААФ та шефи — військові частини — забезпечують школи матеріально і на допомогу вчителям присилають військових спеціалістів (офіцерів у відставці).

Позакласні заняття з електроніки сприяють естетичному вихованню. Уже на перших заняттях з радіоелектро-

ніки учні потрапляють у світ справжньої техніки, кожна побачена ними річ захоплює їх. Навіть у давно відомих речах учитель відкриває нові властивості (радіоприймач з напруженою антеною може бути компасом, з деякими змінами у монтажі — передавачем, звуковим генератором, а звичайний магнітофон може керувати великим верстатом).

Праця учнів на робочому місці, обладнаному відповідно до вимог гігієни і технічної естетики, привчає до охайності, раціоналізації рухів під час роботи, бережливого поводження з інструментами, культури праці.

## § 7. Формування навичок самостійної роботи

Головною умовою залучення учнів до самостійної роботи є зацікавлення їх предметом. Для самостійної діяльності вони повинні мати певне коло знань, умінь, навичок, потрібних для реалізації свого задуму, усвідомлювати потребу самостійно працювати, творити, вдосконалювати. Проте зазначених умов ще не досить. Формування навичок самостійної роботи треба планувати і контролювати так само, як процес навчання.

Окремо спинимось на тому, які можливості дають позаурочні заняття з електроніки для формування *комбінованих навичок самостійного конструювання*, дослідного експерименту та роботи з технічною літературою. Ці навички виробляються протягом усіх років занять у гуртку, але систематизуються й закріплюються в старших класах.

Самостійна конструкторська діяльність учнів починається з наслідування, копіювання дій учителя. Копіювання, як один з видів репродуктивної творчості, необхідне для набуття навичок роботи з інструментами і матеріалами, детального вивчення конструктивних особливостей приладів та розвитку просторових уявлень. Заохочені першими успіхами, учні поступово вносять усе більше елементів суб'єктивної новизни у свої вироби, переходячи від наслідування до творчості.

Основні етапи на шляху до опанування конструкторських умінь рекомендуються такі: а) виготовлення виробів за готовими детальними рисунками і монтажними схемами; б) виготовлення приладів за принциповими схемами; в) конструювання і виготовлення приладів, які задовольняли б технічний задум, що виник у процесі роботи.

Виготовлення приладів за готовими рисунками і мон-

тажними схемами вже включає елементи творчого конструювання. Тут доводиться вносити зміни у розміщення деталей, замінювати окремі з них рівноцінними або якіснішими. Детальний аналіз рисунків і монтажних схем допомагає встановити, чому автор зробив прилад саме так, а не інакше, якими міркуваннями та технічними вимогами він керувався. Розгадування думок автора допомагає осмислювати процес конструювання й уявно ставати «співавтором» конструктора.

Одночасно з виготовленням приладів за монтажними схемами учні креслять схеми простих виробів. Це привчає їх до графічної культури.

Наступний крок в опануванні конструкторських навичок — виготовлення пристроїв за принциповими схемами. Тут простір для самостійної творчості значно більший. Принципову схему треба переосмислити й уявити по ній відповідний конструктивний образ, зобразити його графічно. Вивчення принципових схем розкриває задум автора в ширшому плані, ніж вивчення самого виробу. Зміни і доповнення, які вносять у принципові схеми, бувають настільки істотними, що виконавець логічно і практично завершує задум конструктора.

Найбільшій мобілізації розумових здібностей потребує конструювання відносно нових пристроїв для конкретних практичних потреб. Щоб наблизити процеси проектування й виготовлення приладів у школі до аналогічних процесів на виробництві, учням пропонують здійснювати свої задуми в певній послідовності — за виробленим практикою алгоритмом.

Приймаючи до конструювання об'єкта, треба насамперед чітко уявляти кінцевий результат. Задуми в учнів виникають іноді під впливом випадкових факторів. Учитель повинен вміти знайти в нечітко сформульованих, часто не реальних задумах учнів раціональне зерно і виділити його у доступній для загального розуміння формі.

Після цього визначають технічні вимоги до задуманого пристрою, умови його роботи (тривалість, характер навантаження, зовнішні впливи), споживану потужність; експлуатаційні якості та інші характеристики, які забезпечують реалізацію задуму. Колективне обґрунтування технічних завдань збагачує учнів конструкторським досвідом. Учні переконуються, що без точного технічного завдання неможливо виготовити якісний виріб.

На основі технічного завдання робляться перші проекти в ескізі. Складаючи ескізи, учні повинні використовувати уніфіковані типові вузли, особливо якщо останні є в школі. Колективне обговорення ескізів виявляє конструкторський досвід окремих учнів і є цінним прикладом творчої колективної праці. Під час всебічного аналізу ескізів розв'язують усі питання, пов'язані з виготовленням приладу: з яких матеріалів його виготовлятимуть, яким буде його зовнішній вигляд.

Прості пристрої проектують здебільшого повністю, а складні — окремими вузлами. Спочатку складають ескіз для перевірки основної дії пристрою. Відповідно до ескіза на панелі монтується дослідний зразок. Якщо попередні досліді виявляють недосконалість першого варіанту, то ескіз уточнюють і знову перевіряють дію пристрою. Поступово, долаючи суперечності, що заважають досягненню поставленої мети, ескіз уточнюють і одночасно перевіряють удосконалені варіанти. Вузли, що функціонують самостійно, проектується й перевіряються окремо. Складання ескізів і перевірка вузлів поетапно диктується тим, що учні не можуть зразу осмислити будову пристрою в цілому. Поступово «зживаючись» з приладом, спостерігаючи його «ріст», учні усвідомлюють потребу ускладнення виробу і краще вивчають його будову, абстрагуються від другорядних деталей і уявляють прилад як єдине ціле.

Коли вже дослідним і розрахунковим способами визначено параметри деталей, складають робочі креслення, якими користуються, виготовляючи прилад. Відповідно до креслень розробляють технологію виготовлення окремих деталей, обдумують усі можливі способи використання готових вузлів. Оскільки електронні прилади здебільшого складаються з готових деталей, то питання технології є другорядним і розв'язується учнями частіше самостійно.

Підібравши та виготовивши всі деталі, розпочинають монтаж виробу. Досвідчені гуртківці складають прилади за принциповими схемами, для менш підготовлених доводиться креслити і монтажну схему. Сам монтаж труднощів не становить, за винятком тих випадків, коли обмежені габарити приладу (кишенькові радіоприймачі, електронні вимірювальні прилади) або конструкція приладу дуже вразлива до паразитних зв'язків. Часто доцільно робити монтаж спочатку на спеціальній платі, але з точно таким самим розміщенням деталей, яку майбутньому приладі.

Плата відкрита з усіх сторін і на ній зручніше замінювати і переміщувати деталі. Коли розв'язано всі принципові питання розміщення деталей і способу монтажу, учні виконують роботу самостійно.

Завершальним етапом виготовлення пристроїв є їх використання на уроках, гурткових заняттях та, зрідка, на підприємствах. Експлуатаційні якості виробів у виробничих умовах — найважливіший критерій оцінки їх вартості взагалі, бо лише за ними можна визначити економічний ефект й оцінити ступінь їх досконалості й новизни.

Відповідно до описаної вище послідовності етапів конструювання та виготовлення виробів, гуртківцям пропонуються завдання в порядку зростаючої трудності: а) підготовчі роботи (підбір потрібних деталей і матеріалів, виготовлення ящиків, ручок тощо); б) копіювання простих пристроїв; в) складання і декоративне оформлення виробів, уже складених і відрегульованих на стенді; г) виготовлення аналогів діючих пристроїв із зміною деяких деталей, але збереженням принципової схеми; д) складання пристроїв за монтажними схемами і малюнками; е) складання приладів за принциповими і монтажними схемами; є) складання приладів за принциповими схемами; ж) виготовлення аналогів пристроїв із збереженням лише структурної схеми; з) складання приладів за структурними схемами, описом або словесним поясненням; і) конструювання приладів за описом або поясненням; й) конструювання приладів за задумом власним або підказаним, тобто самостійне конструювання.

Формуванню навичок самостійної роботи сприяють різноманітні експерименти, що проводяться на заняттях гуртка та дома. Найчастіше вдаються до дослідів, що розкривають принцип дії приладів, вузлів, або цілих апаратів. На заняттях гуртка учні 6—8 класів за завданням учителя самостійно досліджують властивості основних електричних та електронних приладів (резисторів, конденсаторів, приладів тліючого розряду), особливості електричних пристроїв (підсилювачів, генераторів, реле, простих радіоприймачів). Гуртківці-старшокласники самостійно досліджують шкільні та деякі промислові електронні прилади, автомати, діючі моделі тощо. Результати дослідів оформляються у вигляді таблиць, градуйованих шкал, вони додаються до відповідних приладів, як супровідна документація, і використовуються на уроках фізики. Досліди

зацікавлюють багатьох учнів, зокрема дівчат, які не працюють систематично в гуртку.

Широко використовується експеримент для перевірки якості виготовлених приладів. Його особливість полягає в тому, що нові вироби випробовуються з різними видозмінами в монтажі. Кожного разу учень задається певною умовою й перевіряє, як збігається очікуваний результат з дійсним. Такі досліди сприяють розвитку технічного мислення. Їх доцільно проводити як у школі, так і дома.

Вершиною експериментальної роботи учнів є масові дослідження за планами наукових установ, до яких у свій час входило: вимірювання провідності ґрунтів, приймання сигналів перших штучних супутників Землі, аналіз фізичного стану і кислотності ґрунтів.

В умовах масового поширення технічних знань серед усього населення абсолютно необхідні навички самостійної роботи з технічною літературою.

Протягом першого-другого року занять гуртківці читають дитячу технічну літературу, журнали «Юний технік», «Юний моделіст-конструктор», звертаються до довідникової літератури. Гуртківці привчаються читати умовні позначення, монтажні і прості принципові схеми, користуватися описом пристроїв, знаходити параметри потрібних приладів у довідниках. У цьому віці учні працюють з літературою переважно за вказівками і порадами вчителя.

На третьому році занять усі гуртківці знають основні умовні позначення на принципових схемах. Особлива увага звертається на вміння читати принципові схеми пристроїв, уявляти за схемами реальні об'єкти. Такі вміння здобуваються поступово, протягом кількох років.

Найпідготовленіших гуртківців-старшокласників залучають до бібліографічної роботи. Практика показує, що дуже корисно мати спеціальні картотеки. Ведучи картотеку, учень уважно стежить за матеріалами з певного розділу в якомусь одному журналі і виписує у підготовлені картки основні відомості про потрібні прилади. На картці зазначається: бібліотечний шифр, автор статті, її назва, назва і номер журналу, принципові схеми, короткий опис. Картки класифікуються за розділами, наприклад, «Електронні прилади», «Підсилювачі», «Електронні вимірювання» і т. д. Працюючи над складанням картотеки учні набувають дуже корисних навичок реферування та користування картотеками. За допомогою картотек зручно обміню-

ватися інформацією між гуртками різних шкіл району, міста.

Специфічним видом роботи з літературою є вивчення і виготовлення технічної документації. Ця робота виконується протягом всіх років занять, починаючи від вивчення паспортів трансформаторів, діодів, де вказуються 5—6 параметрів, і кінчаючи інструкціями до радіоприймачів і телевізорів.

Виробленню навичок самостійної роботи сприяє і розв'язування задач з практичним змістом, а тим більше задач, що виникли в процесі експериментів. Щодо цього особливо цінні альтернативні і розрахункові задачі, а також задачі на встановлення технічних «діагнозів» (див. § 4).

Під час гурткових занять учні закріплюють суспільно корисні навички, здобуті на уроках, потрібні не тільки для самостійної роботи, а й для життя в соціалістичному суспільстві взагалі. Такими є навички колективної праці, колективного розподілу праці, колективної відповідальності за доручену справу, бережливого ставлення до соціалістичної власності.

## **§ 8. Режим позакласної роботи з електроніки учнів різних вікових груп**

Режим позакласної роботи визначається багатьма факторами: режимом роботи школи, наявністю вільного часу в учнів, розпорядком занять спортивних секцій, гуртків художньої самодіяльності тощо. Відповідно до інструктивних листів [28] Міністерства освіти УРСР загальношкільний розклад передбачає 2 гурткових заняття на місяць. Окремі автори методичних посібників [34] пропонують проводити 25—30 занять на рік, тобто майже кожного тижня або навіть двічі на тиждень [7]. Практика показує, що велика перерва між заняттями (2 тижні) негативно впливає на результати роботи. Кожного разу доводиться витратити багато часу на відновлення в пам'яті того, що зроблено на минулому занятті. Разом з тим, часті заняття у точно визначені години перевантажують учнів.

Узагальнення передового досвіду показує, що найкраще учні використовують свій вільний час, коли групові заняття проводяться за загальношкільним розкладом двічі на місяць, а індивідуальні та бригадні — за «плаваючим» розкладом в дні і години найзручніші для учнів. «Плаваю-



чий» розклад краще забезпечує поєднання роботи в гуртку з відпочинком. Проте заняття за таким розкладом можливі лише при наявності кімнати технічної творчості.

Тривалість занять визначається багатьма причинами, але насамперед віком учнів. Для гуртківця першого-другого року занять цілком достатньо однієї години. Старшокласники продуктивно працюють 1,5—2 год. Тривалість занять збільшується під час канікул, при підготовці до загальношкільних вечорів, виставок. Заняття за «плаваючим» розкладом можуть тривати від 20—30 хв (підготовка демонстрацій, перевірка приладів) до 2—3 год, якщо передбачений відпочинок (ігри-змагання з визначенням напрямів на різні радіостанції з допомогою транзисторних радіоприймачів, звукозапис художніх творів, цікаві досліди, екскурсії).

Співвідношення між практичними і теоретичними заняттями 7 : 3, рекомендоване методичною літературою [35], слід додержувати і на заняттях з електроніки. На першому році занять пояснення і бесіди тривають 10—15 хв. Близько 5 хв відводиться на підсумки, узагальнення. На третьому році занять теоретична частина триває до 20 хв, але переважно за рахунок пояснень, що даються в ході досліджень, випробувань виробів. Заняття, що проводяться за «плаваючим» розкладом, мають, як правило, суто практичний характер.

Теоретична частина практичних занять старшокласників відносно менша (оскільки тривалість занять більша), але для них читається цикл узагальнюючих лекцій-бесід. Якщо лекції-бесіди супроводяться практичними вправами з роздавальним матеріалом, довідковою літературою, демонстраціями, кінофільмами, то їх тривалість доцільно продовжити до 60—90 хв (з перервою).

Гуртківці перших трьох років занять працюють разом, тому початок занять для кожної групи зміщують на час, потрібний для вступного пояснення. Наприклад, початок занять для групи першого року — 17 год, другого — 17 год 15 хв, третього — 17 год 30 хв.

Режим домашніх занять вчитель разом з батьками виробляє для кожного учня індивідуально. Враховується час, потрібний для виконання домашніх завдань, для ігор на відкритому повітрі, стан здоров'я учня, його завантаження в інших гуртках тощо. Надмірне захоплення учня майструванням вдома негативно впливає на успішність.

## **ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ЕЛЕКТРОНІКОЮ УЧНІВ 6—8-х КЛАСІВ**

Гурток 6—8-х класів складається з бригад, організованих відповідно до тривалості роботи учнів у гуртку та рівня їх практичної підготовки. Крім поділу на бригади 1-го, 2-го і 3-го року занять, виділяють постійні або тимчасові бригади для виконання конкретних завдань. Практикуються і індивідуальні завдання, вони дають позитивний педагогічний ефект, коли учень виконує роботу за кілька занять (2—4). Довготривала одноманітна робота втомлює навіть наполегливих учнів із стійкими інтересами.

Тематика індивідуальних занять визначається рівнем знань учнів з фізики та математики, їх практичними вміннями, інтересами і віковими особливостями.

Нижче пропонуємо орієнтовну тематику занять для кожного року роботи гуртка.

### **ПЕРШИЙ РІК ЗАНЯТЬ**

На першому році занять необхідно детально ознайомити гуртківців з правилами користування радіоприймачами, радіолами, магнітофонами, телевізорами і з поширеними електричними та деякими електронними приладами. При цьому учні дістають відомості про основні електричні величини: струм, опір, напругу, потужність та їх вимірювання.

Перше організаційне заняття проводиться тільки з новоприбулими. На ньому учні дізнаються про зміст і методи роботи гуртка, ознайомлюються з матеріальною базою, традиціями, виробами гуртківців попередніх років, внутрішнім розпорядком роботи, правилами техніки безпеки. Зокрема приділяється увага тим об'єктам, які потребують особливо обережного поводження з ними.

Заняття для гуртківців першого року можна умовно поділити на три цикли: 1) ознайомлення з побутовою

і клубною радіоелектронною апаратурою; 2) `ознайомлення з електричними приладами і величинами (практичні роботи з трансформаторами, резисторами, конденсаторами, реле); 3) ознайомлення з електронними приладами: вентилями (напівпровідниковими) і газорозрядними лампами, практичні роботи з ними.

## § 1. Побутова радіоелектронна апаратура

Детальне ознайомлення з побутовою радіоелектронною апаратурою включає вивчення всіх умовних позначень на шкалах і панелях, призначення ручок і кнопок регулювання, оптичних індикаторів, гнізд, шнурів, приєднання антен, заземлення, сполучення апаратів між собою. Учням, які мають досвід у користуванні апаратурою, доручають замінювати запобіжники і лампи під наглядом керівника при суворому додержанні правил техніки безпеки.

Перший об'єкт ознайомлення є звичайний сітковий радіоприймач. Хоч всі гуртківці вміють ним користуватися, завжди можна підібрати цікаві завдання, які заохочують учнів до глибшого ознайомлення з радіоприйманням, наприклад, настроїти радіоприймач на КХ радіостанцію з відомими довжиною хвилі або частотою електромагнітних коливань, `приєднати до нього додатковий гучномовець, мікрофон, приймати станцію на УКХ з прямою антеною.

Гуртківці вчать перевіряти і замінювати батареї живлення в транзисторних кишенькових і переносних радіоприймачах, настроювати та орієнтувати радіоприймачі на задану радіостанцію. Тих, хто не вміє користуватися програвачами і радіолами, вчать установлювати потрібні швидкості обертання диска, змінювати голки для звичайних і довгограючих пластинок.

Для гуртківців, які вже вміють користуватися радіоприймачами і радіолами, можна рекомендувати такі завдання: а) допомагати учням, які ще таких навичок не мають; б) визначити напрямок на різні радіостанції з допомогою магнітної або рамкової антени і перевіряти його за допомогою компаса і карти; в) скласти прості радіоприймачі з готових вузлів.

Гуртківці часто допомагають вчителям при використанні звукозапису на уроках. Не вникаючи в «таємниці» запису звуку, шестикласники швидко навчаються записувати

і відтворювати звук за допомогою магнітофонів. Якщо є можливість і час, доцільно навчити їх записувати на магнітофонну стрічку радіопередачі без мікрофона, перезаписувати звук, сполучати магнітофон з радіовузлом.

Перший цикл занять закінчується ознайомленням з телевізором. Учні вчать вибирати потрібний канал, регулювати яскравість, розміри, лінійність розгортки, встановлювати напругу автотрансформатором, чергують біля телевізорів у піонерських кімнатах.

## § 2. Найважливіші електричні прилади і величини

На заняттях 'другого циклу гуртківці ознайомлюються з найважливішими електричними приладами, які використовуються в електронній апаратурі, і основними електричними величинами. Найдоступніші і найбезпечніші досліди з постійним струмом низької напруги і резисторами, тому з них варто і починати.

**Резистори. Поняття про струм та опір.** На початку заняття слід перевірити, чи всі гуртківці усвідомлюють, що свічення лампи, звучання гучномовця, робота двигуна є наслідком проходження через них електричного струму. Показавши на досліді, як вимірюють струм, що проходить через лампу, та як залежить величина струму від вмикання в коло різних резисторів, можна поставити запитання: «Як можна змінювати силу струму в колі?» Потім слід запропонувати учням самостійно виміряти амперметром струм, що проходить через різні резистори з відомими опорами, приєднаними до батареї КБС. Учні повинні навчитися вимірювати струм амперметром, відрізняти резистори від інших деталей, читати написи на них. Порівнюючи результати дослідів, гуртківці самостійно приходять до висновку, що чим більший опір резисторів, тим менший струм проходить через них (при однаковій напрузі). У ході експериментів гуртківці ознайомлюються також з будовою та особливостями змінних резисторів. Після ознайомлення з різнотипними резисторами учням пропонують навчитися вимірювати опори омметром, перевірити, який буде опір двох однакових резисторів, сполучених послідовно і паралельно. Закінчується заняття вивченням умовних позначень резисторів, знаходженням їх на принципових схемах та в електронній апаратурі.

Додому можна дати завдання виготовити змінний резистор — реостат з м'якого графітного олівця. Способи кріплення рухомих і нерухомих контактів учні вибирають самостійно. Дію реостата перевірити за допомогою батареї КБС та лампочки. При цьому слід категорично забороняти робити будь-які спроби, користуючись струмом освітлювальної мережі.

**Конденсатори. Поняття про електричний заряд, постійний і змінний струми.** На цьому занятті гуртківцям спочатку пропонують виміряти постійний струм у колі з послідовно ввімкненим конденсатором великої ємності (30—100 мкф). Учні зразу переконуються, що струм проходить через конденсатор тільки протягом короткого часу і дізнаються, що при цьому конденсатор заряджається. Це легко довести, приєднавши заряджений конденсатор до гальванометра. Можна запропонувати гуртківцям заряджати конденсатори різної ємності від гальванічного елемента і розряджати їх через демонстраційний гальванометр. Ці досліди допомагають учням дійти до висновку, що різні конденсатори нагромаджують різну кількість електрики. Цей висновок буде переконливішим, якщо під наглядом керівника дозволити гуртківцям заряджати конденсатори різної ємності від випрямляча на 300 в і розряджати їх «на іскру». Проводячи досліди, учні оглядають різноманітні конденсатори, вивчають написи на них, оцінюють величину заряду, який вони можуть нагромаджувати, перевіряють свою оцінку омметром. Після дослідів ознайомлюються з конденсаторами змінної ємності, препарують зіпсовані конденсатори (паперові та електролітичні).

У наступній серії дослідів учні переконуються, що струм від електричної мережі через конденсатори проходить і тим краще, чим більша їх ємність, а струм від гальванічних елементів, акумуляторів, випрямлячів лише заряджає конденсатор. Роблять висновок, що струми бувають постійні і змінні.

Закінчується заняття знаходженням на принципових схемах та в електронних апаратах конденсаторів постійної і змінної ємності, підстроювальних, розшифровуванням позначень на конденсаторах.

Додому можна запропонувати перемалювати з журналів, довідників умовні позначення резисторів і конденсаторів (постійних, змінних, підстроювальних).

**Трансформатори. Поняття про напругу.** Заняття доцільно розпочати з постановки і розв'язання такого завдання: як приєднати лампу на 6,3 в до освітлювальної мережі. Майже всі шестикласники знають, що для цього використовують трансформатори. Їх здогадку про те, що напруга в мережі значно вища від тієї, яка потрібна для мініатюрної лампи, слід підтвердити, вимірявши ці напруги вольтметром. Потім показують будову шкільного демонстраційного і броньового трансформаторів, пропонують учням прочитати і пояснити написи на побутових трансформаторах, скласти кілька електричних кіл із знижувальним трансформатором, виміряти низьку напругу вольтметром. Корисно ознайомити учнів з побутовими трансформаторами, навчити регулювати напругу автотрансформатором.

**П р и м і т к а.** Діти часто мають звичку пробувати батарею гальванічних елементів КБС «на язик». Треба систематично нагадувати учням про небезпечність струму (напругою понад 36 в) для життя і категорично забороняти проводити будь-які досліди з трансформацією напруги електромережі без нагляду і дозволу вчителя.

Ознайомлюючи учнів з трансформаторами, доцільно продемонструвати магнітну дію струму; показати, що котушка із струмом має властивості прямого магніта і що магнітна дія котушки значно підсилюється, коли в неї помістити залізний сердечник. Пропускаючи струм самоіндукції при розмиканні електричного кола через мініатюрні лампи, можна переконливо довести, що котушка із струмом має енергію магнітного поля, подібно до того, як заряджений конденсатор — енергію електричного поля.

Для практичних робіт можна запропонувати виготовлення каркасів, намотування котушок, складання броньових і стержньових трансформаторів. Окремі учні виявляють бажання виготовити високочастотні трансформатори для радіоприймачів або спеціальні трансформатори. Їх треба індивідуально ознайомити з особливостями таких трансформаторів.

Доцільно запропонувати учням перевірити експериментально, як котушка із залізним сердечником (дросель) проводить змінний і постійний струм однакової напруги.

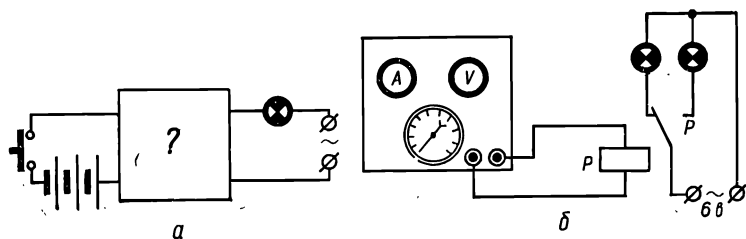
Закінчується заняття вправами на знаходження трансформаторів і дроселів на принципових схемах та в різній апаратурі. Додому можна запропонувати накреслити схему

вмикання низьковольтних ламп через трансформатор і виготовити електромагніт (живлення від батареї КБС).

**Електромагнітні реле. Поняття про потужність.** Заняття треба почати з демонстрації, яка розкривала б основну функцію реле: керування струмами великої потужності з допомогою струмів малої потужності. Можна, наприклад, продемонструвати «чорний ящик» з реле. Реле поміщають у закритий ящик з чотирма виводами-затискачами. Одну пару затискачів сполучають з батареєю КБС, другу — з електромережею та лампою (мал. 1, а). Ввімкнувши лампу замиканням кола батареї, гуртківцям пропонують відгадати, що є в ящику. Частина учнів відповідає правильно. Після відкриття «таємниці» ящика треба особливо наголосити на тому, що керуючий струм може бути набагато менший від керованого, а напруга на обмотці реле нижча від напруги на його контактах. Учні повинні знати, що застосування реле в технічних пускових установках значно підвищує безпеку обслуговуючого персоналу. За допомогою реле вмикають і роз'єднують електричні лінії великої потужності, користуючись струмами малої потужності. На побутових електричних приладах пояснюють, що потужність електричного струму у ватах дорівнює добутку напруги у вольтах на струм в амперах.

Після цього учням роздають різнотипні реле для детального огляду і вивчення будови. Гуртківці повинні навчитися читати написи на обмотках реле, визначати за довідниками струм і напругу спрацьовування реле, допустиму розривну потужність контактів, вимірювати струм і напругу спрацьовування різних реле, струм відпускання якоря (мал. 1, б).

Користуючись набором з електромагнетизму, учні можуть скласти найпростіше реле або перемотати обмотку іншим проводом, розраховану на заданий струм.



Мал. 1.

### § 3. Електронні прилади та практичні роботи з ними

Найдоступніші для учнів ті електронні прилади, які можуть перебувати лише в двох електричних станах, тобто проводити або не проводити електричний струм. До таких приладів можна віднести електричні вентиля, неонові лампи, тиратрони, диністори.

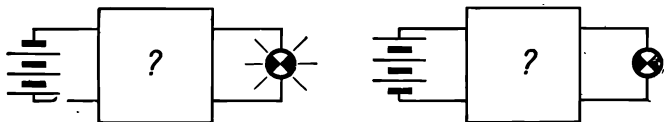
**Електричні вентиля.** Насамперед ознайомлюють гуртківців з вентилями (діодами) — приладами, що проводять струм в одному напрямку (прямому) і практично не проводять у протилежному (зворотному). Заняття можна почати з досліду-задачі: «Чому засвічування лампочки, послідовно сполученої з діодом, залежить від того, як ввімкнено в коло батарею?». Дослід можна поставити у формі задачі з «чорним ящиком» (мал. 2).

Для самостійної роботи гуртківцям пропонують знайти в довідниках середній струм і максимальну зворотну напругу кожного з діодів, призначених для дослідів, підібрати обмежуючі резистори до кожного з них для вмикання в електромережу з відомою напругою. Виміряти струм, що проходить через діоди в прямому і зворотному напрямках. Учні мають навчитися перевіряти якість діодів омметром, вивчити будову германієвих і кремнієвих діодів на препаративних зразках.

Вдома перевірити, як впливає ввімкнення діода (Д7А) в електричне коло кишенькового ліхтаря.

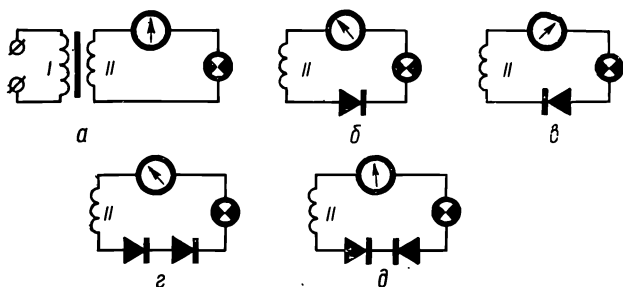
**Випрямлячі.** Учнім слід запропонувати провести дослід з діодами в послідовності, показаній на мал. 3, а; б, в, г, д. Для цього потрібно мати амперметр для постійного струму, демонстраційний з нулем на середині шкали; лампу на 6,3 в, 0,28 а; діоди Д7А. Підводимо учнів до висновку, що діод випрямляє змінний струм. Напрямок випрямленого струму залежить від полярності ввімкнених діодів.

Після цього ставимо до гуртківців запитання:



Мал. 2.





Мал. 3.

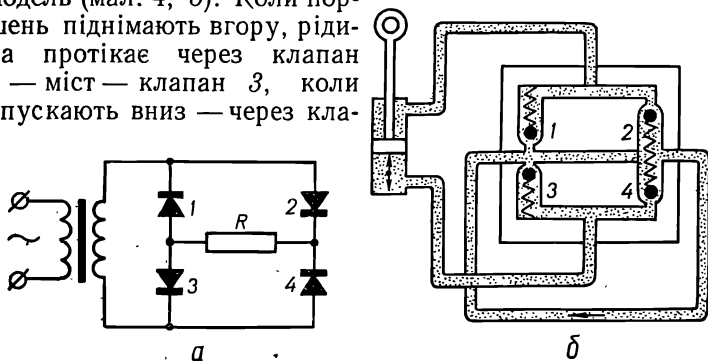
1. Як виготовити найпростіший випрямляч — прилад для перетворення змінного струму в постійний?

2. Які його недоліки? (Показати на дослідах, що випрямлена напруга нижча за змінну, випрямлений струм має розриви).

3. Як зробити випрямляч, що не матиме цих вад?

Пояснення. (Для ілюстрацій використати: випрямляч, складений за містковою схемою, таблицю, гідравлічну модель випрямляча).

Випрямлячі, в яких напруга випрямленого струму дорівнює змінній, роблять за так званою містковою схемою. Її особливість в тому, що через електричний місток  $R$  (мал 4, а) струм проходить завжди в однаковому напрямку незалежно від напрямку підведеного струму. Принцип дії місткового випрямляча пояснює його гідравлічна модель (мал. 4, б). Коли поршень піднімають вгору, рідина протікає через клапан 2 — міст — клапан 3, коли опускають вниз — через кла-



Мал. 4.

пан 4 — міст — клапан 1. Аналогічно електричний струм одного напрямку проходить через вентиль 2 — резистор — вентиль 3, протилежного — через вентиль 4 — резистор — вентиль 1.

Випрямлячі використовують скрізь, де треба перетворювати змінний струм у постійний, зокрема, у сіткових радіоприймачах, телевізорах, та для заряджання акумуляторів.

Після пояснення учні самостійно знаходять випрямлячі на різних принципових схемах і в електронній апаратурі, вивчають їх будову.

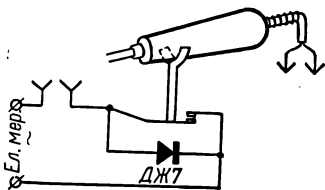
**Виготовлення випрямлячів.** Перед практичними заняттями з виготовлення випрямлячів проводиться бесіда про правила поводження з інструментами, насамперед з паяльником і діодами.

Краще виготовляти такі випрямлячі, які можна буде використати на уроках фізики та заняттях гуртка.

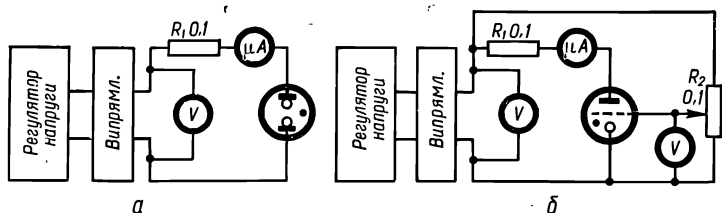
Гуртківців першого року занять не обмежують тільки виготовленням випрямлячів. Їм пропонують також використовувати вентилі для зниження температури паяльника в неробочому стані (підставку зроблено так, що, коли на неї покласти паяльник, то послідовно з його обмоткою вмикається вентиль, мал. 5), для керування об'єктами з допомогою двох проводів тощо.

**Електронні вимикачі.** Перед вступною бесідою слід продемонструвати реле часу або метроном на неоновій лампі.

**П о я с н е н н я.** Основою багатьох автоматичних пристроїв є електронні прилади, які проводять струм лише при певній напрузі. Таку властивість мають неонові лампи, тиратрони, диністори, стабілітрони. Неонові лампи — це скляні балони, наповнені газом неоном, що світиться червоним кольором у трубках реклам, з двома впаяними пластинчастими або циліндричними електродами. Лампа засвічується лише при напрузі 60—80 в. При менших напругах вона зовсім не проводить струму. До електромережі лампа вмикається тільки послідовно з резистором 50—300 ком, який обмежує струм до 1—2 ма. Великі струми нагрівають газ, лампа псується або навіть вибухає.



Мал. 5.



Мал. 6.

Властивості неонові лампи гуртківці вивчають експериментально. На панелі, складеній за схемою, поданою на мал. 6, *а*, вимірюють напругу засвічування і гасіння лампи та струм, що проходить через неї. Слід звернути увагу на той факт, що напруга на неоновій лампі мало змінюється при значних змінах напруги живлення.

Після цього аналогічні досліди ставляться із стабілітронами (СГІП, СГ2П, Д808) і диністорами. Можна запропонувати учням скласти релаксаційний генератор на неоновій лампі та випробувати його. Демонстрація буде ефективнішою, якщо генератор живити енергією заряду електролітичного конденсатора. Виявити напругу на елементах якогось приладу пробником (або викруткою) з неоновією лампою, розглянути будову неоновіого пробника.

На наступних заняттях гуртківці вивчають тиратрон МТХ-90.

**П о я с н е н н я.** Неонова лампа — простий і надійний прилад, але вона засвічується тільки при одному значенні напруги. Лампу, напруга засвічування якої змінюється відповідно до практичних потреб, було зроблено в кінці 40-х років у Радянському Союзі. Вона називається тиратрон, що означає двері (тира) для електронів (електричного струму). Тиратрон відрізняється від неонові лампи наявністю третього електрода-сітки, який розміщений близько від катода. Якщо до сітки підвести позитивну напругу, то тиратрон засвітиться при меншій напрузі між катодом та анодом. Наприклад, тиратрон МТХ-90 засвічується при напрузі 150—200 *в*, коли на сітці напруги нема, а якщо між сіткою і катодом проходить струм 5—10 *мк*а (напруга близько 80 *в*), то для засвічування досить 90—100 *в*.

Отже, неонові лампа «відкриває двері» електричному струмові тільки при певній напрузі, а тиратрон тоді, коли на сітку подається керуючий сигнал. Завдяки цій власти-

вості тиратрон використовують у багатьох автоматичних пристроях і в обчислювальній техніці. Юні конструктори часто використовують тиратрони у своїх саморобках, оскільки вони прості і дуже чутливі. Щоб засвітити тиратрон, досить пропустити між сіткою і катодом струм 3—5 мка, тобто в 1—2 тисячі разів менший, ніж через обмотку електромагнітного реле.

**Д о с л і д.** Вивчити розміщення приладів на навчальній панелі (мал. 6, б). Виміряти напругу засвічування тиратрона при різних напругах на сітці. Дослідити, як змінюється струм тиратрона, коли він засвічується і гасне. Дані дослідів записати в таблицю і зробити відповідні висновки.

Струм сітки (мка)					
Напруга на сітці (в)					
Напруга засвічування тиратрона (в)					
Струм засвіченого тиратрона (ма)					

**К о н т р о л ь н і з а п и т а н н я.** Як впливає струм сітки на напругу засвічування тиратрона? Чи залежить напруга на «засвіченому» тиратроні від струму сітки (напруги на ній)?

#### § 4. Виготовлення приладів

Гуртківцям першого року занять властиве прагнення виконати завдання якомога швидше. Якщо ж строки закінчення роботи затягуються, ентузіазм спадає, інтерес до виробу втрачається. Зважаючи на це, роботу слід організовувати так, щоб гуртківець добре уявляв кінцевий результат своєї діяльності і зумів швидко його досягти.

Один з можливих методів виготовлення простих приладів такий: керівник гуртка пропонує бригаді учнів виготовити прилад для конкретних потреб, наприклад, електронний метроном для дослідів з фізики. Оскільки після пояснення вчителя в учнів не складається конкретне уявлення про виріб, його складають тимчасово, але так щоб він діяв. До роботи можна приступити лише тоді, коли тимчасово складений діючий зразок зацікавить учнів.

Найпростіший метроном можна скласти з неоновією лампою МН-3, МН-8, МН-11, ВМН-1 (мал. 7, а). Опір постійного резистора  $R_1$  вибирають залежно від напруги живлення та типу лампи:

$$R_1 = \frac{U}{I_n} \quad (U — \text{напруга живлення, } I_n — \text{струм лампи}).$$

Ємність конденсатора потрібна така, щоб енергія заряду була достатньою для дії гучномовця. Для гучномовців 0,1 ГД-3; 0,25 ГД-2 достатня енергія 0,01—0,015 дж, отже, якщо напруга засвічування лампи 80 в, а напруга гасіння 75 в, то ємність конденсатора

$$C = \frac{2W}{U_3^2 - U_r^2};$$

$$C = \frac{2(0,01 \div 0,015)}{6400 - 5625} \cdot 10^6 = 3,1 \div 4,7 \text{ (мкф)}.$$

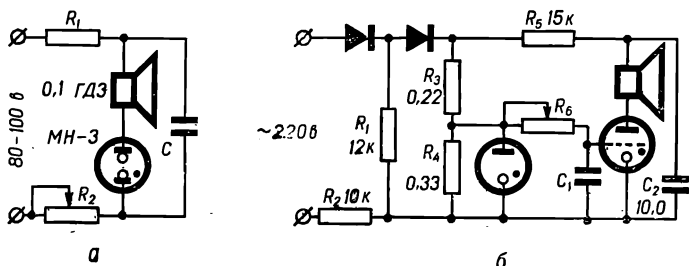
Змінний резистор  $R_2$  регулює тривалість пауз між ударами:

$$R_2 = \frac{t}{c \cdot \ln \frac{U - U_2}{U - U_3}} - R_1,$$

де  $t$  — максимальна тривалість пауз (сек),  $U$  — напруга живлення (в),  $U_3$  — напруга засвічування лампи (в),  $U_2$  — напруга гасіння (в).

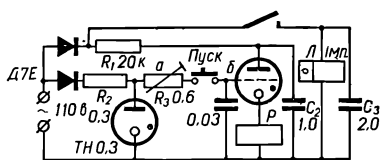
Приступаючи до роботи, учні спочатку складають план розміщення деталей в ящику, ескіз декоративного оформлення та погоджують його з керівником. Столярні й слюсарні роботи гуртківці виконують самостійно. Керівник допомагає настроїти прилад і скласти його технічну документацію.

Перевірка найпростішого метронома показує, що його стабільність порушується, якщо коливається напруга жив-



Мал. 7.

лення і прилад працює тривалий час. Детальне вивчення недоліків виробу допомагає накреслити шляхи його вдосконалення. Основні недоліки простого метронома можна усунути в такий спосіб: неонову лампу замінити потужнішим приладом — тиратроном, напругу живлення стабілізувати. Якщо немає відповідного стабілітрона, щоб стабілізувати напругу для всього пристрою, досить стабілізувати напругу на найвідповідальніших ділянках (мал. 7, б). Замість стабілітрона можна використати стартер для люмінесцентних ламп або неонову лампу. Резистори  $R_1$  і  $R_2$  складають подільник напруги від електромережі,  $R_3$  і  $R_4$  — подільник випрямленої напруги. Неонова лампа МН-5 (ТН-0,3) виконує роль стабілізатора напруги зарядної ланки. Резистор  $R_5$  обмежує струм тиратрона.



Мал. 8.

Точність відліку малих проміжків часу описаним метрономом значно більша, ніж великих (1—2 сек), оскільки засвічування тиратрона синхронізується з частотою змінного струму.

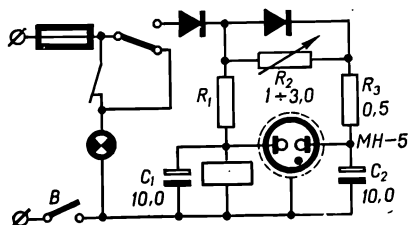
На прикладі метронома можна дохідливо проілюструвати важливий принцип дитячого конструювання: послідовне ускладнення і вдосконалення виробу, що відповідає дидактичному принципу — від простого до складного. Найпростіший метроном на неоновій лампі, після ускладнення і вдосконалення схеми, перетворюється в стабільний метроном з тиратроном. Якщо послідовно з гучномовцем сполучити чутливе низькоомне реле і через його замикаючі контакти ввімкнути лічильник електричних імпульсів, то метроном відлічуватиме удари, тобто перетвориться в секундомір. Якщо тривалість пауз 0,1 сек, потреба в гучномовці відпадає, прилад перетворюється в лічильник-секундомір, що може відлічувати будь-які електричні імпульси та механічні замикання контактів (мал. 8). У наступному році, коли гуртківці навчатися виготовляти генератори, на базі описаного вище метронома можна зробити прилад, що відмічає час імпульсами музикального тону. Для цього досить сполучити звуковий генератор з джерелом живлення через контакти реле метронома. Метроном може

також приводити в рух крокове реле, керуючи демонстраційною автоматичною системою або лінією телепередачі, давати імпульси електричного струму для ілюмінації, або виконувати роль реле часу.

Реле часу принципово не відрізняється від електричного метронома. У схему метронома вводяться лише самоблокування електромагнітного реле та кнопка пуску. Принципову схему реле часу на неоновій лампі показано на мал. 9. Розрахунок реле часу і метрономів — цікава і ко-

рисна задача для учнів-старшокласників.

Для прикладу наводимо спрощений розрахунок реле часу на неоновій лампі. Приступаючи до розрахунків невідомих елементів пристрою, треба знати принцип його дії та мати точні відомості про задані елементи. У цьому



Мал. 9.

разі задано електромагнітне реле і неонову лампу. Параметри електромагнітного реле і лампи доводиться вимірювати, оскільки вони можуть значно відрізнятися від номінальних. Струми притягання  $I_{пр}$  та відпускання  $I_{в}$  якоря реле, напруга засвічування  $U_3$  і гасіння  $U_2$  неонові лампи вимірюються міліамперметром і вольтметром. Енергію спрацювання реле  $W_p$  можна виміряти, розряджаючи конденсатор відомої ємності через обмотку. Підібравши найнижчу напругу  $U_c$  на конденсаторі, коли розрядний струм притягує якор реле, дістанемо  $W_p = \frac{1}{2} U_c^2$ .

Принцип дії реле такий. Конденсатор  $C_2$  заряджається однополярними імпульсами випрямленого струму через резистор  $R_3$  (і частково розряджається через резистори  $R_3, R_2, R_1, R_p$ ) до напруги засвічування неонові лампи. Час заряду встановлюється розрядним резистором  $R_2$ . Після розрядження конденсатора через лампу і обмотку реле якор реле притягується і лишається в такому стані, оскільки середній струм, що проходить через резистор  $R_1$  і обмотку, більший від струму відпускання якоря. Щоб повернути реле у вихідне положення, треба перемкнути перемикач.

Виходячи з принципу дії реле, знаходимо:

$$R_1 = 0,45 \frac{2U}{I_{\text{пр}} + I_{\text{в}}} - R_{\text{р}},$$

де  $U$  — напруга живлення реле (220 в);  $R_{\text{р}}$  — опір обмотки реле.

Потужність розсіювання резистора  $R_1$  становить  $P_1 \approx \frac{U^2}{2R_1}$ ,  
ємність конденсатора

$$C_1 \approx \frac{I_{\text{р}} t}{2\Delta U},$$

де  $I_{\text{р}}$  — струм, що проходить через реле;  $t = 0,01$  сек — тривалість розряду конденсатора;  $\Delta U$  — допустимі коливання напруги на обмотці реле  $\Delta U = U_{\text{пр}} - U_{\text{в}}$ . Ємність конденсатора

$$C_2 = \frac{2W_{\text{р}}}{U_{\text{з}}^2 - U_{\text{р}}^2}.$$

Ставити конденсатор більшої ємності для збільшення видержки часу недоцільно, неонові лампи швидше псується. Опори резисторів  $R_2$  та  $R_3$  підбираються експериментально  $R_3 > \frac{U}{I_{\text{с}}}$ ,  $I_{\text{с}}$  — середній струм неонові лампи,  $R_2 \approx (2 \div 3) R_3$ .

Заняття першого року навчання завершується налаштуванням і оформленням учнівських саморобок, підготовкою до виставки учнівської технічної творчості.

## ДРУГИЙ РІК ЗАНЯТЬ

На перших, підготовчих, заняттях гуртківці впорядковують робочі місця, лагодять інструменти, допоміжні пристосування, ремонтують виготовлені в минулому році саморобки, одночасно пригадують те, про що дізналися в гуртку за минулий рік, обмінюються досвідом самостійної роботи дома або в піонерських таборах.

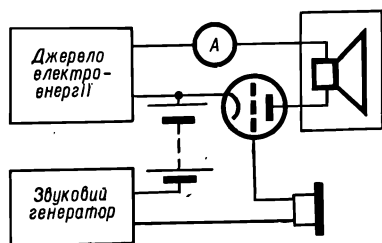
На другому році навчання гуртківцям можна запропонувати для практичного вивчення такі теми: а) електронні лампи та транзистори, б) підсилювачі, в) генератори, г) радіоприймачі прямого підсилення. Поряд з практичними заняттями, на яких виготовляють прилади, пояснювальними та інструктивними бесідами, систематично проводяться досліді.



## § 1. Електронні лампи

Прилади і обладнання: макети ламп, різнотипні цілі та препаровані лампи, таблиці, довідники.

Пояснення. Електронні прилади, що проводять струм тільки в одному напрямку (електричні вентиля) або тільки при певній підведеній до них напрузі (електронні ключі), є основою випрямлячів, реле часу, багатьох автоматичних пристроїв. Для безперервного регулювання струму вони непридатні. Як можна регулювати струм у колі, виконуючи при цьому роботу в сотні і тисячі разів



Мал. 10.

меншу від тієї, яку виконує регульований струм? Відомо, що струм можна регулювати реостатом (змінним резистором). Наприклад, водій трамвая за допомогою реостатів змінює швидкість руху вагона. При цьому він прикладає до ручки регулювання силу значно меншу від тієї, яка потрібна для того, щоб зрушити вагон.

В електричних апаратах струм регулюється значно швидше, ніж це можна зробити реостатом. Опір кола за одну секунду може мати тисячі, а іноді мільярди різних значень. Наприклад, струм електронного променя, що утворює зображення на екрані телевізора, лише за 1/25 секунди змінюється до 500 000 разів! У сучасній електроніці основними керуючими приладами є: трьохелектродні лампи та транзистори.

Зміст пояснення принципу роботи лампи визначається рівнем підготовки гуртківців та наявністю відповідного унаочнення.

Демонстрації. Сполучають нитку розжарення лампи з джерелом електроенергії напругою 6,3 в. Гальванометр, ввімкнений між анодом і катодом (сітка закорочена з анодом), показує ледь помітний струм. Отже, лише найшвидші електрони досягають анода. Вмикають в анодне коло батарею гальванічних елементів (20 ÷ 30 в) — струм в анодному колі різко зростає. Від'єднують сітку від анода і підводять до неї керуючу напругу. Якщо напруга на сітці змінюється з певною частотою, то з такою самою частотою

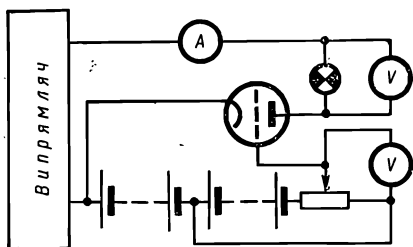
змінюється і струм лампи. У цьому можна переконатись, сполучивши сітку лампи із звуковим генератором і поставивши в анодне коло гучномовець (з трансформатором). Щоб порівняти потужність керуючого сигналу і керованого струму, треба ввімкнути телефон в коло сітки. Коли слухають звучання телефону, гучномовець замінюють резистором 8—10 ом (мал. 10).

*Досліди.* Вивчити дію трьохелектродної лампи, як регулятора струму.

*Мета.* Вивчити роботу лампи і спосіб сполучення її з джерелом електроенергії і споживачем. З'ясувати роль керуючої сітки. Дослідити вплив сіткової напруги на анодний струм лампи. Встановлено, що ефективність дослідів більша, коли учням відомі окремі елементи установки. Тоді менше відвертається увага від основного предмета дослідження. За їх «поведінкою» легше судити про перебіг досліджуваного процесу.

*Прилади й обладнання.* Споживачем краще взяти лампу розжарення 220 в  $8 \div 15$  вт, джерелом електроенергії — випрямляч. Регулятором струму може бути будь-яка лампа з великим анодним струмом: 6Н6П, 6Н5С (6П3С, 6П7С в тріодному вмиканні). Для роботи складають установку за схемою, поданою на мал. 11. Негативну напругу на сітці вибирають відповідно до типу лампи. Керуюча напруга — 10—12 в.

Дані дослідів записуються в таблицю. Доцільно запропонувати підготовленим гуртківцям накреслити сіткову характеристику лампи, наближено підрахувати, у скільки разів потужність керуючого (сіткового) струму менша від потужності керованого (анодного).

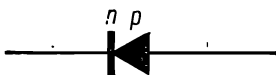
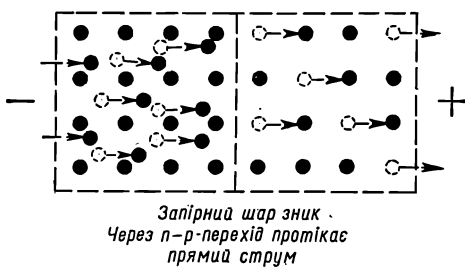
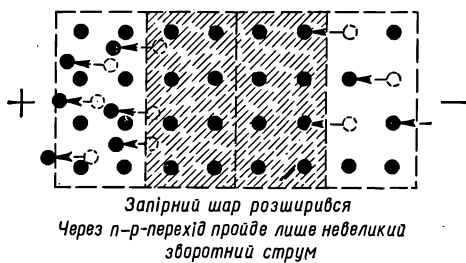
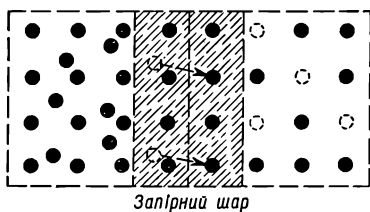
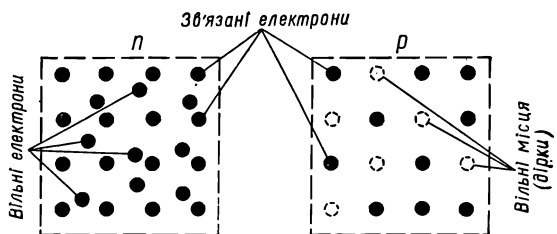


Мал. 11.

## § 2. Транзистори

*Прилади і обладнання:* препаровані та різні діючі транзистори, таблиці, транзисторний радіоприймач.

На початку заняття доцільно з'ясувати, як і коли почали виготовляти мініатюрні радіоприймачі і магнітофони,

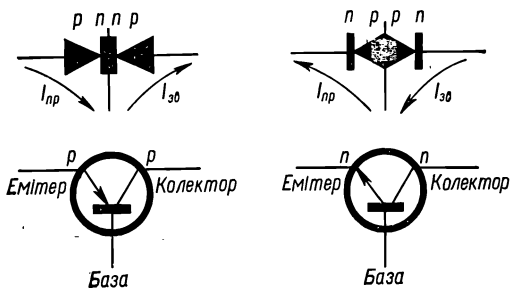


Мал. 12.

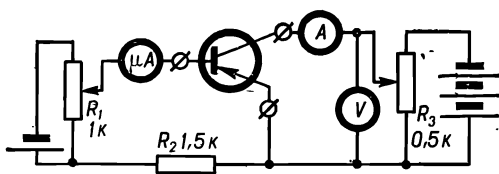
показати кишеньковий радіоприймач або магнітофон і звернути увагу на їх основні елементи — транзистори.

**Пояснення.** До 1948 р. в радіоелектроніці безроздільно панували електронні лампи. Без них не обходився жодний електронний апарат. Електронні лампи з часу їх винайдення (1907 р.) невпізнанно вдосконалювалися, стали набагато економічнішими, довговічнішими, проте один їх недолік лишився — розжарений катод. Вченим пощастило винайти нові прилади, які виконують усі функції електронних ламп і не мають їх недоліків. Такі прилади дістали назву напівпровідникових тріодів або транзисторів. Зміст пояснення будови та принципу дії  $n$ — $p$ -переходів і транзисторів визначається наявністю дидактичного унаочнення, відповідних кінофрагментів. Для ілюстрації пояснення необхідно підготувати таблиці або діапозитиви з динамічними малюнками. На мал. 12 показано процес утворення і дію запірного шару на  $n$ — $p$ -переході. На мал. 13 — чергування  $n$  і  $p$  областей транзисторів та їх умовні позначення.

Для порівняння економічності транзисторів і ламп можна навести такі приклади. Катод сучасних ламп з кожних 20—40 електронів, що проходять в колі розжарення, випускає в пустоту лише один. Емітер же випускає в базу всі електрони (або «дірки»), що проходять крізь нього. У сучасних транзисторах колектор захоплює від 90% до 99,5% носіїв заряду, випущених емітером в базу. Отже, струм колектора становить  $0,9 \div 0,995$  струму емітера. Число  $(0,9 \div 0,995)$  показує, яку частину струму емітера становить струм колектора. Воно називається коефіцієнтом підсилення  $\alpha$  за струмом у схемі із спільною базою.



Мал. 13.



Мал. 14.

Оскільки база є спільним елементом кіл емітера і колектора, то струм бази дорівнює різниці їх струмів, тобто  $I_b = I_e - I_k$ . Оскільки  $I_k = (0,9 \div 0,995) I_e$ , то

$$I_e = \frac{I_k}{0,9 \div 0,995}; \quad I_b = \frac{I_k}{0,9 \div 0,995} - I_k = \frac{0,1 \div 0,005}{0,9 \div 0,995} I_k = \frac{I_k}{9 \div 199}; \quad I_b = \frac{I_k}{\beta}.$$

Число  $\beta$ , що показує, у скільки разів струм колектора більший від струму бази, називається коефіцієнтом підсилення за струмом у схемі із спільним емітером.

*Досліди.* Вивчити будову транзистора, спосіб сполучення його з джерелом електроенергії. Дослідити залежність струму колектора від струму бази.

Прилади та обладнання: панель для перевірки транзисторів за схемою із спільним емітером (мал. 14), препаровані транзистори.

Користуючись довідниками, визначити для кожного із запропонованих учням транзисторів:

- розміщення виводів емітера, колектора, бази;
- струм і напругу колектора;
- коефіцієнт підсилення за струмом в схемі із спільним емітером.

### Порядок виконання дослідів

- Вивчити будову транзистора, користуючись препарованими приладами;
- дослідити, що при сталому струмі бази струм колектора, починаючи від деякого значення, практично не залежить від напруги між колектором і емітером; пояснити причину явища;
- дослідити залежність струму колектора від струму бази при сталій напрузі на колекторі. Дані дослідів запи-

сати в таблицю і пояснити причину спостережуваного явища;

4) обчислити коефіцієнт підсилення транзистора за струмом в схемі із спільним емітером ( $\beta$ ). Наближено обчислити зміну потужності струму бази  $\Delta P_6 = R_6(I_{62}^2 - I_{61}^2)$  та потужність струму колектора  $\Delta P_k = U_k(I_{k2} - I_{k1})$ , порівняти їх між собою;

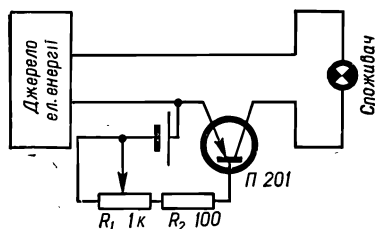
5) порівняти дію транзисторів з дією трьохелектродної лампи.

### § 3. Електронні підсилювачі

Прилади і обладнання: демонстраційний підсилювач на вертикальній панелі, випрямляч, вимірювальні прилади.

Пояснення. Простий підсилювач складається з джерела електроенергії, керуючого пристрою і споживача. Джерелом електроенергії може бути випрямляч змінного струму або батарея гальванічних елементів. Роль керуючого пристрою виконує електронна лампа або транзистор. Підсилювана напруга подається на керуючий електрод (сітку лампи, базу транзистора) і електрод, що випускає носії електрики (катод, емітер). Керуючий пристрій перетворює постійний струм у пульсуючий такої частоти і виду коливань, які має підсилювана напруга.

У цьому легко переконатися на такому досліді. Батарею гальванічних елементів КБС сполучаємо з лампочкою через транзистор П-201, як показано на мал. 15. Якщо струм бази змінювати за певним правилом, наприклад, повільно збільшувати (від 5 до 15 *ма*), а потім різко зменшувати, то за таким самим правилом змінюватиметься і свічення лампочки. Складається враження, що підсилюється струм, який підводиться до бази, хоча насправді він лише керує (з допомогою транзистора) потоком електроенергії від джерела до споживача. Легко переконатися, що потужність керуючого струму  $P_k$  набагато менша від потужності керованого  $P_n$ .



Мал. 15.

Навантаженням підсилювача може бути гучномовець, двигун, електромагнітне реле, лампа тощо.

Складні підсилювачі поєднують кілька простих. Найпростіший радіоприймач має один підсилювач, або, як кажуть, один каскад підсилення. Високоякісні радіоприймачі мають до шести різнотипних каскадів підсилення, телевізори — більше ніж десять.

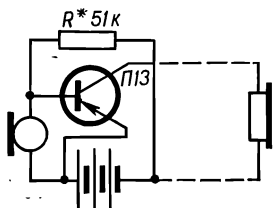
*Досліди.* Скласти установку з таких вузлів: випрямляча, підсилювача НЧ, навантаження (гучномовця) та генератора підсилюваної напруги. Порівняти тон і звучання телефону, приєднаного безпосередньо до генератора, з тоном звучання гучномовця, при наявності відповідних приладів визначити коефіцієнт підсилення за потужністю.

#### § 4. Виготовлення підсилювачів

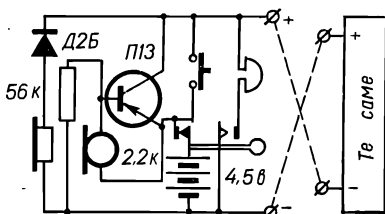
Найбільший інтерес учні проявляють до економних транзисторних підсилювачів, придатних для радіоприймачів і переговорних пристроїв. З них варто і починати практичні роботи. По можливості підсилювачі треба конструювати так, щоб вони були придатні надалі, наприклад, для виготовлення генераторів, радіоприймачів, лабораторних установок.

**Підсилювачі для дротового зв'язку.** Принципову схему найпростішого підсилювача для дротового зв'язку показано на мал. 16. Мікрофоном служить один з головних телефонів. Транзистор розміщують разом з мікрофоном і батареєю гальванічних елементів в одному вузлі, телефон приєднується до кінців лінії зв'язку. Обмотки високоомних телефонів краще сполучити паралельно.

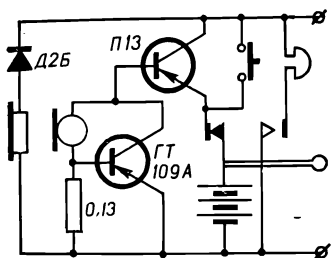
Для двостороннього зв'язку підсилювачі з телефонами і мікрофонами сполучаються, як показано на мал. 17. Один прилад на одному кінці лінії зв'язку, а другий



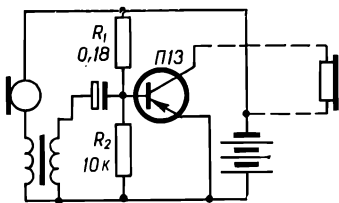
Мал. 16.



Мал. 17.



Мал. 18.



Мал. 19.

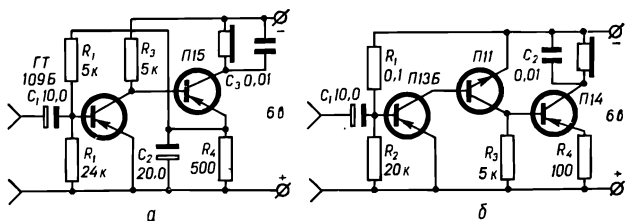
такий самий прилад — на другому. Діоди в колах телефонів зменшують гучність власного голосу. Для зручності переговорів усі прилади разом з батареєю гальванічних елементів сполучають у вигляді телефонної трубки. У трубці вмонтовано кнопку виклику абонента «Кн» і перемикач електричного дзвінка. Кращий зв'язок забезпечує телефон з двокаскадним підсилювачем (мал. 18).

Телефон з вугільним мікрофоном чутливіший, але складніший і менш економний (мал. 19). Мікрофонний трансформатор можна замінити вихідним трансформатором від малопотужного кишенькового радіоприймача.

Серед багатьох варіантів гучномовних переговорних пристроїв перевагу слід надати тим, що складаються з попередніх підсилювачів напруги, встановлених близько від мікрофона, і підсилювачів потужності в кінці лінії. Попереднє підсилення забезпечує будь-який одно- або двокаскадний транзисторний підсилювач з автономним живленням. Підсилювач потужності може бути транзисторний або ламповий з потужністю на виході достатньою для озвучення кімнати.

**Підсилювачі для бездротового зв'язку.** Для бездротового зв'язку за допомогою електромагнітних хвиль потрібні два підсилювачі. Один, потужністю 3—5 *вт*, для індуквання магнітного поля, другий — малопотужний, транзисторний, для підсилення прийнятого сигналу. Підсилювачем-передавачем може служити сітковий радіоприймач або будь-який підсилювач відповідної потужності. Змінне магнітне поле індукується витком дроту, що охоплює всю кімнату. Виток приєднується до вторинної обмотки вихідного трансформатора замість гучномовця. Опір витка має дорівнювати опору звукової котушки.





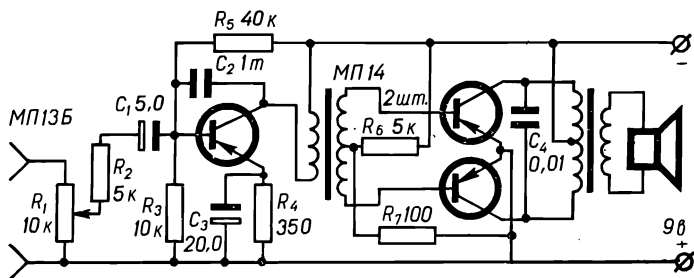
Мал. 20.

Чутливим елементом — датчиком змінного магнітного поля служить котушка з проводу ПЭЛ-0,1 ÷ 0,07 на 8—10 тис. витків з феритовим сердечником довжиною 10—14 см. Підсилювачем приймача може бути будь-який дво- або тритранзисторний підсилювач низької частоти.

На мал. 20 а, б показано принципові схеми підсилювачів з гальванічним зв'язком між каскадами. Вони розраховані переважно для індивідуального спостереження. Для групових експериментів краще скласти підсилювач на базі набору кишенькового радіоприймача (мал. 21).

Експеримент проводиться в такій послідовності. На вхід підсилювача-передавача від генератора подається напруга звукової частоти. Учні орієнтують датчик у різних напрямках і визначають, в якому положенні феритового стержня звук приймається найкраще. Після настроювання апаратури підсилювач-передавач сполучають з програвачем або радіоприймачем. Учні оцінюють на слух якість передачі та визначають межі дії передавача.

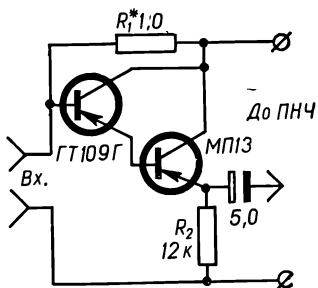
Під час експерименту корисно визначити, хоч наближено, форму магнітних силових ліній на різних відстанях від витка. Це можна зробити, переміщуючи датчик по колу



Мал. 21.

навколо проводу та орієнтуючи феритовий стержень на максимальну (мінімальну) гучність прийому.

Бездротовий зв'язок за допомогою змінного електричного поля можна здійснити в такий спосіб. Два проводи-електроди (краще стрічки з алюмінієвої фольги) протягують вздовж кімнати на відстані 2—3 м один від одного. Електроди приєднують безпосередньо до виводів первин-



Мал. 22.

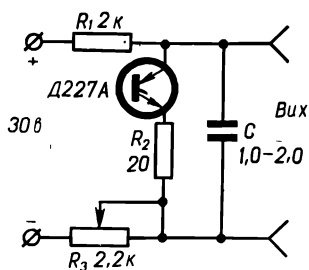
ної обмотки вихідного трансформатора або через підвищувальний трансформатор. Зручніше користуватися підвищувальним трансформатором, який приєднують замість гучномовця. Його коефіцієнт трансформації має бути таким, щоб напруга між електродами досягала 500 в. Змінне електричне поле наводить невелику е. р. с. на пластинках конденсатора-антени площею 10—40 см<sup>2</sup>, розміщених на відстані кількох сантиметрів одна від одної. Перший каскад підсилювача складається за схемою емітерного повторювача (мал. 22). Оскільки вхідний опір повторювача пропорціональний коефіцієнту підсилення транзистора, то останній вибирають якнайбільшим. Решту каскадів підсилення можна скласти за будь-якими схемами.

Бездротовий зв'язок можна здійснити і за допомогою світлового пучка. Модульований світловий потік випромінюється мініатюрною лампочкою з тонкою ниткою розжарення. Лампочка живиться від будь-якого підсилювача НЧ потужністю 0,5—2 вт. Для дальшої дії передавача лампочку поміщають у фокус рефлектора.

Приймальний пристрій складається з трикаскадного підсилювача з чутливим фоторезистором або фотодіодом на вході. Фоторезистор краще помістити у фокус збирної лінзи великого діаметра, а саму лінзу — в зачорнену зсередини трубку. Принципові схеми світлового телефону надруковано в літературі [26].

## § 5. Електронні генератори

Прилади і обладнання: механічний переривач електричного кола, трансформатор, релаксаційний генератор, LC-генератори.



Мал. 23.

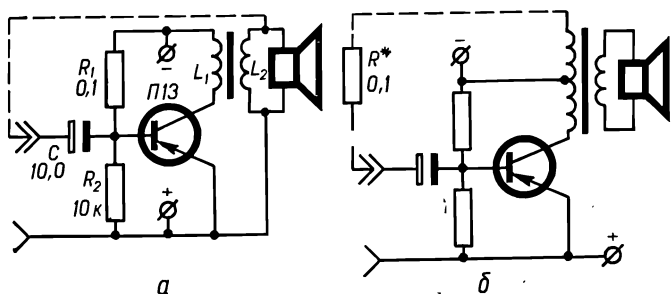
**П о я с н е н н я.** Генераторами називаються машини і апарати, що перетворюють одні види енергії в інші. Електронні генератори перетворюють постійний струм у змінний різної частоти. Найпростішими перетворювачами постійного струму в змінний можуть бути механічні переривачі, але на практиці вони використовуються рідко.

**Дослід.** Скласти перетворювач напруги з механічним переривачем і підвищувальним трансформатором та випробувати його дію за допомогою вольтметра змінного струму.

Електронні переривачі зручніші і стабільніші від механічних. Роль електронних ключів виконують неонові лампи, тиратрони, диністори. У спеціальних схемах електронними ключами можуть бути електронні лампи і транзистори. Неонові лампи, тиратрони та диністори замикають електричне коло автоматично, як тільки підведена до них напруга досягне певної величини, і розмикають його, коли напруга знизиться. Щоб напруга на електронних ключах наростала поступово, послідовно з ними сполучають резистор, а паралельно — конденсатор. Схему перетворювача напруги з електронним ключем (диністором), або, як його називають, релаксаційного генератора, показано на мал. 23.

**Дослід.** Скласти генератор з неонову лампою. Навантаження генератора — високоомні телефони. Бажано паралельно з телефоном сполучити електронний осцилограф для спостереження за зміною напруги на конденсаторі  $C_1$ .

У переважній більшості сучасних електронних генераторів коло постійного струму замикається і розмикається не раптово, струм поступово наростає до найбільшого значення, а потім спадає до попередньої величини. Плавне безперервне регулювання струму здійснюють електронні лампи та транзистори подібно до того, як це відбувається в підсилювачах. Різниця між підсилювачами і генераторами полягає в тому, що в перших відбувається керування зовнішніми командами (сигналами), а в других — внутрішніми, виробленими в самому генераторі. Багато спільного є в їх



Мал. 24.

будові. Кожний підсилювач перетворюється в генератор, якщо в нього ввести позитивний зворотний зв'язок, тобто сполучити вихід з входом так, щоб частина енергії з виходу поверталася на вхід. Електрична енергія передається з виходу на вхід підсилювача через трансформатор, автотрансформатор, конденсатор або резистор. В аматорських конструкціях частіше використовують генератори з трансформаторним і автотрансформаторним зворотними зв'язками. На мал. 24 показано схему однокаскадного підсилювача низької частоти, штриховою лінією зображено зворотний зв'язок: *а* — трансформаторний і *б* — автотрансформаторний.

*Досліди.* Створити зворотний зв'язок у наявних підсилювачах звукової частоти і переконатись у можливості перетворення їх у генератори. Скласти генератор з трансформатора від кишенькового радіоприймача та транзистора, дослідити, як залежить частота генерованих коливань від зміни параметрів контура зворотного зв'язку та напруги живлення.

*Пояснення.* Залежно від частоти генерованих коливань генератори поділяються на:

- а) звукові (16—20 000 гц);
- б) ультразвукові (понад 10—15 кгц);
- в) радіочастотні (30 кгц—6 Ггц).

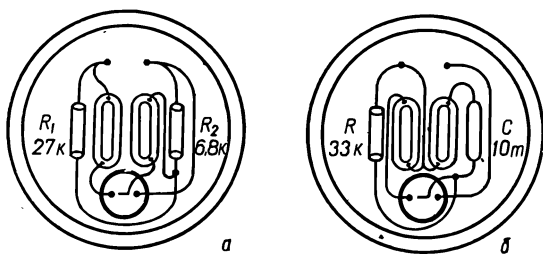
Радіочастотні генератори поділяються в свою чергу на кілька видів. Юні конструктори найчастіше конструюють звукові генератори, які використовуються у вимірювальних приладах, електромузичних інструментах і технічних іграшках.

## § 6. Виготовлення генераторів

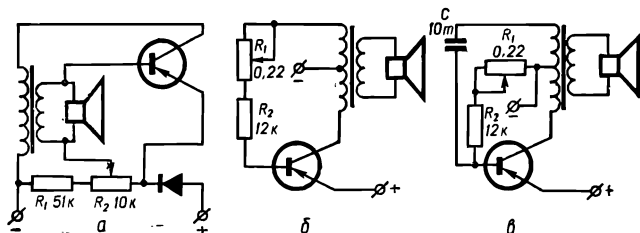
Найпростішими у виготовленні є транзисторні генератори звукової частоти з позитивним трансформаторним або автотрансформаторним зворотним зв'язком.

Найпростіші звукові генератори для іграшок складають з електромагнітних телефонів і транзисторів. Їх монтажні схеми показано на мал. 25 (а, б). Опори резисторів вказано орієнтовно, вони помітно залежать від параметрів транзисторів. Їх підбирають під час випробовування генератора, добиваючись звучання найкращого за інтенсивністю і тоном. Всі деталі генератора розміщують у корпусі телефонів ТОН-1. Джерелами живлення є елементи 1,3ФМЦ-0,25, сполучені в батареї.

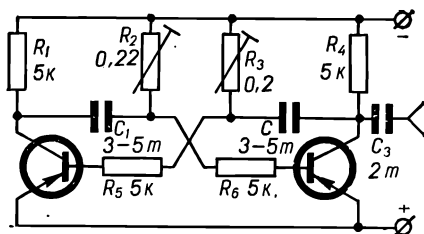
Потужніші малогабаритні генератори монтуються з вихідних трансформаторів і гучномовців від кишенькових радіоприймачів за загальновідомими схемами (мал. 26, а, б, в). Найстійкіше працює генератор з автотрансформаторним зв'язком (мал. 26, в). Діод у схемі, поданий на мал. 26, в, захищає транзистор від псування при неправильному приєднанні батареї живлення. Висота звуку регулюється змінним резистором.



Мал. 25.



Мал. 26.

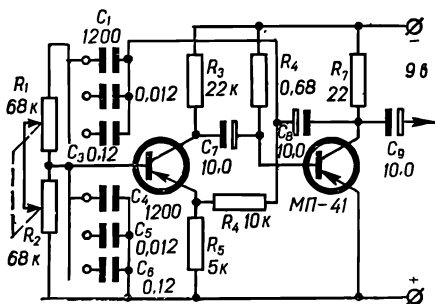


Мал. 27.

Змінні резистори можна замінити термо- або фоторезисторами з відповідними опорамми. Тоді звучання генераторів змінюватиметься при нагріванні або освітлюванні останніх.

Декоративне оформлення генераторів визначається їх призначенням. Внутрішні вузли іграшок монтуються на пластинках з якого-небудь пластика.

**Генератори для електронно-музичних інструментів.** В аматорській практиці використовуються малопотужні генератори різних типів: релаксаційні на лампах тліючого розряду, *LC*- та *RC*-генератори, мультивібратори. Схеми релаксаційних та *LC*-генераторів розглянуто вище. *RC*-генератори і мультивібратори прості у виготовленні, не мають дорогих деталей, але зрозуміти принцип їх дії важче, тому можна обмежитися розглядом лише принципової схеми мультивібратора. Він складається з двох симетричних ланок, зв'язаних так, що коли через одну з них струм проходить, то друга закрита — струму не пропускає. Ланки відкриваються по черзі через проміжок часу, що залежить від ємності конденсаторів ( $C_1$  і  $C_2$ ) та опору резисторів ( $R_2$ ,  $R_3$ ).



Мал. 28.

Мультивібратор вигідний тим, що він генерує електричні коливання в широкому діапазоні частот, починаючи від інфразвукових і кінчаючи ультразвуковими. Мультивібратор звукових частот (мал. 27) відрізняється від інфразвукового лише параметрами *RC*-ланок.

Подібний за принципом дії, але дещо складніший генератор з *RC*-містком (мал. 28). Він кращий за мультивібратор для генерування інфразвукових частот. Генератори на електронних лампах потужніші і стабільніші, ніж на транзисторах, але небезпечні для учнів через використання для їх живлення високої анодної напруги.

## § 7. Радіоприймачі

**Пояснення.** У наш час на Землі одночасно працюють десятки тисяч різних радіостанцій. Одні з них розташовані близько, інші — віддалені на тисячі кілометрів. Як вибрати серед них потрібну нам радіостанцію і почути прийнятий сигнал? Щоб відповісти на це запитання, простежимо шлях сигналу від радіостанції до гучномовця.

Антену кожної передавальної радіостанції випромінює радіохвилю певної частоти, подібно до того, як кожна струна піаніно звучить тільки «своїм» тоном. В антені радіоприймача під впливом радіохвиль індукуються тисячі електричних коливань різної частоти. Користуючись коливальним контуром, з них можна вибрати лише одну. Будову і дію коливального контура гуртківці вивчають на дослідах.

Слід відзначити, що в коливальному контурі збуджують коливання зарядів усі радіостанції, але найбільші коливання викличе та радіостанція, частота радіохвиль якої збігається з частотою власних коливань зарядів у контурі. Щоб змінювати частоту власних коливань зарядів у контурі, тобто щоб одним контуром приймати різні радіостанції, ставлять конденсатор змінної ємності.

Напруга, що наводиться антеною на конденсаторі коливального контура, недостатня для звучання гучномовця. Її підсилюють електронними підсилювачами. Але навіть підсилений сигнал радіостанції непридатний для відтворення звуку гучномовцем чи телефоном, бо частота коливань дуже велика. Якщо приєднувати телефон до контура лише в ті моменти, коли напруга на конденсаторі має завжди ту саму полярність, то короткі поштовхи діяли б на

мембрану в одному напрямку, змушуючи її коливатись. Роль ключа, який сполучає телефон з контуром тільки при певній полярності напруги на конденсаторі, виконує діод — детектор.

Отже, простий радіоприймач складається з антени, коливального контура, детектора, підсилювача та звуковідтворюючого пристрою. Радіоприймач такого типу називається приймачем прямого підсилення. Сучасні радіоприймачі — супергетеродинні — мають значно складнішу будову.

*Досліди.* Ознайомитися з будовою та конструктивними особливостями котушок різної індуктивності та добротності, конденсаторів змінної ємності. Вивчити будову коливальних контурів у наборах з радіотехніки. Сполучити коливальний контур із зовнішньою антеною і підсилювачем через детектор. Прийняти кілька близьких радіостанцій.

Залежно від типу підсилювачів радіоприймачі поділяються на лампові і транзисторні. Останні викликають найбільший інтерес у молодих конструкторів своєю економічністю і малими розмірами. Виготовлення кишенькового радіоприймача на місцеву радіостанцію повністю доступне навіть для молодших гуртківців.

## **§ 8. Виготовлення простих малогабаритних радіоприймачів**

Основна мета занять — ознайомити учнів з простими методами радіоприймання. Виготовлення складного кишенькового радіоприймача доцільно доручати тільки найбільш підготовленим і вправним учням. Педагогічна цінність занять з виготовлення радіоприймачів на одному транзисторі, коли всі деталі розраховуються і обґрунтовуються, більша, ніж занять, на яких складають приймач, наприклад, типу 2—V—2, за готовими монтажними схемами.

**П р и м і т к а.** Позначення N—V—N прийнято для радіоприймачів прямого підсилення. Перша цифра показує кількість каскадів підсилення високої частоти, літера V — детектор, друга цифра — кількість каскадів підсилення низької (звукової) частоти.

У ході лабораторних експериментів з простими радіоприймачами треба навчити учнів розрізняти кола і каскади



високої і низької частот, оцінювати роль кожного елемента в дії апарата і свідомо підбирати їх номінали. Разом з тим гуртківці дістають поняття про способи узгодження вузлів між собою, про зв'язки між елементами вузлів і т. д.

Заняття доцільно почати з виготовлення коливальних контурів. Котушки індуктивності намотуються на феритові стержні. Як змінні конденсатори можна використати підстроювальні конденсатори КПК. З коливальним контуром можна провести такі досліді:

а) визначити діапазон частот, що перекривається контуром (якщо є генератор стандартних сигналів);

б) дослідити, які близькі радіостанції можна приймати виготовленим контуром. Для цього контур сполучають із зовнішньою антеною і чутливим підсилювачем НЧ через детектор;

в) розрахувати ємність конденсатора, який разом з виготовленою котушкою утворить контур для приймання радіостанцій з відомою довжиною хвилі, або розрахувати індуктивність котушки, яка разом з наявним конденсатором утворить контур для перекриття заданого діапазону частот; розрахунки перевірити експериментально;

г) перевірити прості способи «розтягування» частотних діапазонів;

д) перевірити вплив наведеної ємності антени на ємність конденсатора контура при різних ступенях зв'язку між ними.

Виготовивши коливальний контур для приймання радіостанції з відомою довжиною радіохвилі, можна продовжувати досліді в такій послідовності:

а) перевірити дію коливального контура, використавши його в детекторному приймачі для приймання місцевої радіостанції;

б) вивчити дію приймача  $0-V-I$  або  $0-V-2$ , приймаючи місцеві радіостанції або сигнали УКХ шкільного генератора;

в) вивчити дію приймача з підсилювачем високої частоти ( $1-V-1$ ,  $2-V-2$ ) і магнітною антеною.

Для дослідів краще використати заздалегідь заготовлені електронні вузли на панелях, як рекомендується в методичній літературі [21].

На останніх практичних заняттях другого року гуртківці закінчують свої вироби, оформляють до них технічну документацію, готуються до виставки.

## ТРЕТІЙ РІК ЗАНЯТЬ

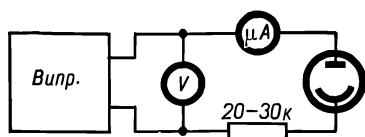
Протягом третього року занять завершується загальне ознайомлення з найважливішими галузями практичного застосування електроніки з тим, щоб учні на заняттях гуртка могли свідомо вибрати одну з них для поглибленого вивчення. Для цього пропонуємо такі теми занять: 1) фотоелементи і кінескопи, поняття про телебачення; 2) електронні вимірювання, виготовлення найпростіших електровимірювальних приладів з електронними вузлами; 3) електронні вузли автоматичних систем; 4) електроніка в шкільному фізичному експерименті.

### § 1. Фотоелементи

Прилади і обладнання: фотоелементи і фотопомножувачі, фоторезистори, фотореле з виконавчим механізмом.

Заняття доцільно розпочати демонструванням фотореле, що відлічує кількість відвідувачів або засвічує лампу на робочому місці. Після цього з'ясовується, що учні знають про фотоелементи і фотореле.

Пояснення. Ще в 1888 р. видатний російський фізик О. Г. Столетов зробив прилад, який реагував на світло — проводив струм при освітленні його катода. Пізніше виявилось, що причиною цього явища є фотоемісія — вибивання світлом електронів з металів. Прилади, що реагують на світло, назвали фотоелементами. Сучасні фотоелементи виготовляють у формі скляної кулі. Внутрішня поверхня кулі вкрита металом (наприклад, цезієм), з якого світло порівняно легко вибиває електрони. Металеве покриття є катодом. Анод у вигляді кільця або ложечки розміщений у центрі кулі. Струм, що проходить через затемнений фотоелемент, дуже малий, при освітленні катода він зростає пропорціонально освітленості. Тепер частіше використовують фотопомножувачі — фотоелементи з додатковими електродами — емітерами. Електрони, що вибиваються світлом з катода, на шляху до емітера прискорюються електричним полем до великих швидкостей. Ударяючись об емітер, кожний електрон вибиває з нього кілька вторинних електронів, які збираються анодом. Фотопомножувач з одним емітером приблизно у п'ять разів чутливіший від фотоелемента. У сучасній техніці використовуються фотопомножувачі з багатьма емітерами.



Мал. 29.

Їх чутливість у десятки і тисячі разів перевищує чутливість фотоелементів.

Під дією світла змінюють (зменшують) свій електричний опір напівпровідникові матеріали. З них виготовляють фоторезистори.

ри — прилади, що реагують на світло, як і фотоелементи. Фоторезистори значно чутливіші від вакуумних фотоелементів. Їх широко застосовують в автоматичі. Особливо високу чутливість мають фотодіоди і фототранзистори, в яких під дією світла зменшується зворотний опір  $n$ — $p$ -переходу.

Крім фоторезисторів і фотоелементів, у техніці використовують ще так звані вентильні фотоелементи — прилади, що генерують е. р. с., коли на них падає світло. Як легко переконатися на дослідах, будь-який напівпровідниковий діод має властивості вентильного елемента. Для цього досить сполучити вентиль з чутливим гальванометром і освітити кристал.

*Досліди.* а) Вивчити дію світла на  $n$ — $p$ -перехід діодів і транзисторів (зменшення опору в заперітному напрямі під дією світла та генерування фото е. р. с.) з допомогою авометра.

*П р и м і т к а.* Для дослідів можна використати зіпсовані транзистори з одним справним переходом (емітер — база, або колектор — база).

б) Вивчити дію фотоелемента із зовнішнім фотоелементом і фоторезистора (дослідити залежність фотоструму від освітленості).

*П р и л а д и і о б л а д н а н н я:* фотоелемент (ЦГ-3, ФЭУ-2), фоторезистор (ФСР), випрямляч, мікроамперметр, вольтметр, лампа на підставці, батарея КБС.

Гуртківці під керівництвом учителя сполучають тріоди за схемою, поданою на мал. 29, а.

**П о р я д о к в и к о н а н н я д о с л і д у:**

- 1) оглянути фотоелемент, знайти в ньому катод і анод;
- 2) встановити фотоелемент і лампу на однаковій висоті, захистити фотоелемент від стороннього світла, поставити

лампу на такій відстані, щоб стрілка мікроамперметра відхилялася на всю шкалу;

3) виміряти відстань між фотоелементом і лампою, збільшуючи її у 1,15; 1,22; 1,41; 1,73; 2; 2,44; 3,46 раз (зменшуючи освітленість в 1,3; 1,5; 2; 3; 4; 6; 12 разів), виміряти фотострум. Дані дослідів записати в таблицю;

4) провести такий самий дослід з фоторезистором (для цього мікроамперметр треба зашунтувати або замінити міліамперметром, баластний резистор закортити, напругу випрямляча знизити відповідно до параметрів фоторезистора);

5) побудувати графік залежності фотоструму від освітленості (у відносних одиницях).

## § 2. Електроннопроменеві трубки

**П о я с н е н н я.** Фотоелементи є «органами зору» багатьох електронних пристроїв, вони змінюють свій опір під дією світла або перетворюють світлову енергію в електричну. У сучасній техніці часто застосовують і такі електронні прилади, які перетворюють електричну енергію в світлову (люмінесцентні лампи, оптичні індикатори, кінескопи). Оптичні індикатори є в сіткових радіоприймачах і магнітофонах. Вони орієнтовно показують рівень сигналу, що надходить від тієї чи іншої радіостанції або мікрофона.

Електроннопроменеві трубки — найважливіші деталі телевізорів, осцилографів, радіолокаторів. Вони мають форму круглої або чотирикутної плоскостонної колби. У «шийці» колби розміщена «електронна гармата», що «стріляє» електронами. Дно екрана трубки вкрите шаром люмінофору — речовини, що світиться, коли на неї попадають швидкі електрони. Джерелом електронів у «гарматі», як і в лампах, є розжарений катод. Катод оточений металевим екраном з невеликим круглим отвором, через який вузьким пучком вилітають електрони. На шляху від катода до екрана електрони прискорюються електричним полем до великих швидкостей (у телевізійних трубках — кінескопах — вона досягає 70—74 тис. км/сек), що необхідно для яскравого свічення екрана.

Одноїменно заряджені електрони взаємно відштовхуються, тому їх пучки розсіваються. З допомогою електричних або магнітних полів пучок вдається «сфокусувати»,

тобто змусити всі електрони попадати практично в одну точку екрана.

Магнітні або електричні поля відхиляють електронний пучок у горизонтальному і вертикальному напрямках. Завдяки цьому вдається примусити електрони пучка попадати послідовно в різні точки екрана, розміщені на будь-якій лінії. Оскільки люмінофор світиться деякий час після припинення дії електронів і око зберігає зображення до 0,1 сек після припинення подразнення, на екрані кінескопа в тому місці, куди попадають електрони, видно нерухому світлу лінію. Наприклад, на екрані телевізора електронний пучок за 0,02 сек переміщується один раз знизу вгору і 312,5 разів зліва направо, «накреслюючи» 312,5 рядків-ліній.

У кінескопах є електроди, які регулюють кількість електронів, що рухаються до екрана, подібно до того, як це роблять сітки в лампах. Вони називаються модуляторами і призначені для регулювання яскравості свічення екрана. В ту мить, коли на модуляторі вища напруга, до екрана долітає більше електронів і відповідна ділянка люмінофора світиться яскравіше.

У результаті одночасної дії на електронний пучок всіх систем керування на екрані кінескопа утворюються різні зображення.

Електронний пучок на екрані телевізора змушують за 1/25 секунди накреслити 625 рядків і змінювати яскравість елементів рядка в певній закономірності. Сукупність світлих і темних елементів дає зображення картини.

Зображення на екрані телевізора «оживляється» точно так, як на кіноекрані. Кожне з наступних зображень — кадрів, а їх за 1 сек на екрані телевізора малюється 25, чимось відмінне від попереднього. Око людини не помічає зміни кадрів і замість 25 нерухомих картин бачить рухоме зображення.

*Досліди* Вивчити дію електронно-променевої трубки.

Прилади і обладнання: осцилоскоп (СІ-1, ОЗШ-61), телевізор, релаксаційний генератор на неоновій лампі, ламповий підсилювач НЧ.

### П о р я д о к п р о в е д е н н я д о с л і д і в

1) Дослідити характер переміщення електронного променя по вертикалі і горизонталі на екрані осцилоскопа (СІ-1);

2) приєднати релаксаційний генератор до входу вертикального підсилювача, увімкнути неперервну часову розгортку і відрегулювати растр на екрані осцилографа;

3) сполучити звуковий генератор з модулятором і, змінюючи частоту генерованих коливань, спостерігати утворені картини на екрані;

4) сполучити модулятор з первинною обмоткою вихідного трансформатора лампового підсилювача (через конденсатор), дослідити здобуті осцилограми;

5) вивчити растр на екрані телевізора, дію ручок регулювання розгортками променя (розмір по вертикалі, розмір по горизонталі, лінійність по вертикалі та горизонталі, частота рядків, частота кадрів).

### § 3. Поняття про будову телевізора

**Пояснення.** Телебачення де в чому подібне до радіомовлення: в обох випадках передавачі радіо- або телецентру випромінюють електромагнітні хвилі, на яких «записано» зображення або звук. В антенах хвилі викликають коливання струму, які підсилюються і «читаються» приймачами. Проте в телебаченні треба передавати в багато разів більше сигналів, ніж у радіомовленні, наприклад, лише для керування яскравістю елементів зображення на екрані треба передати понад 6 мільйонів команд за секунду. Таку велику кількість команд можна передавати тільки за допомогою електромагнітних хвиль дуже високої частоти (понад 50 мільйонів герц) з допомогою досить складної апаратури. Звуковий супровід у телебаченні передає окремий передавач, подібний до радіопередавача на ультракоротких хвилях.

Різниця між частотами електромагнітних хвиль, що несуть зображення і звук, відносно невелика (6,5 МГц), тому їх приймає одна антена. Коливання, викликані цими хвилями, підсилюються спочатку одним підсилювачем і перетворюються в коливання іншої (проміжної) частоти. Коливальні контури, підсилювач і перетворювач частоти об'єднані в один блок ПТК. Цей блок майже однаковий в усіх вітчизняних телевізорах. З допомогою блока ПТК телевізор настроюють на потрібний канал. Сучасні телевізори розраховані на 12 каналів — програм.

Коливання проміжної частоти, що несуть зображення і звук в телевізорах «Рекорд», «Верховина», «Електрон»,

спочатку підсилюються разом, а потім розділяються за допомогою коливальних контурів. В інших телевізорах («Темп», «Старт», «Знамя») вони розділяються зразу ж після ПТК або після одного спільного підсилювача. Частотно модульовані коливання, що несуть звук, підсилюються у каналі звукового супроводу, потім детектуються. Коливання звукової частоти ще раз підсилюються і надходять до гучномовця. Амплітудно-модульовані коливання, на яких «записано» зображення, підсилюються окремим відеопідсилювачем. Напруга з відеопідсилювача подається на модулятор кінескопа.

Важливими деталями телевізора є блоки розгортки електронного пучка. Вертикальна розгортка через кожні півкадра (через 0,02 сек) переміщує пучок один раз згори вниз і, за дуже короткий час, знизу вгору, горизонтальна за той самий час — 312,5 разів зліва направо і (також за дуже короткий час) справа наліво. Щоб усі телевізори, що приймають одну й ту саму програму, працювали синхронно, тобто, щоб електронні пучки всіх кінескопів щомиті перебували в однакових положеннях, телецентр висилає спеціальні команди — синхроімпульси для кадрової (вертикальної) і рядкової (горизонтальної) розгортки. Синхроімпульси підсилюються разом із сигналами зображення.

Телевізор має два випрямлячі. Один з них — на 280—300 в для живлення всіх електронних вузлів. Від високовольтного випрямляча напруга 12—16 кв подається на анод кінескопа. Висока напруга потрібна для надання електронам великих швидкостей.

Робота майже всіх блоків телевізора регулюється за допомогою ручок. Блок ПТК має перемикач для вибору потрібного каналу і змінний конденсатор для точного настроювання на телецентр. У звуковому каналі регулюються гучність і тембр звуку. Ручками відеопідсилювача встановлюють контрастність та яскравість зображення. Блоки розгортки мають ручки для регулювання частоти кадрів, розміру кадру по вертикалі і горизонталі, лінійності по вертикалі і горизонталі.

Передавання і приймання кольорових зображень пов'язані із значними ускладненнями як передавачів, так і приймачів. Проте завдяки досягненням радіоелектроніки, фізики, хімії, оптики кольорове телебачення стає так само звичним, як голубий екран.

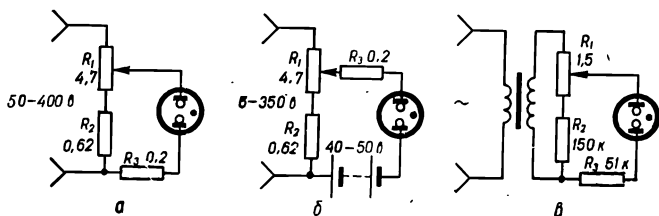
*Практичне заняття.* Загальний огляд внутрішньої будови телевізора. Знаходження в телевізорі блока ПТК, каналів звуку і зображення, генераторів розгортки, блоків живлення, усіх ручок і кнопок керування. Налаштування телевізора.

#### § 4. Електронні вимірювання

Юні аматори користуються як приладами безпосередньої оцінки, так і приладами порівняння. Проте ентузіасти домашньої лабораторії частіше починають з приладів порівняння, оскільки для них не обов'язково мати гальванометр.

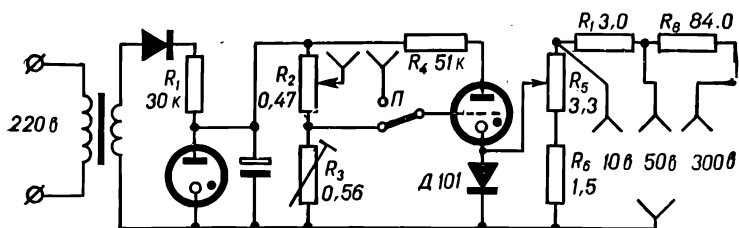
Найпростішим приладом порівняння вважається вольтметр з неонову лампою. У ньому досліджувана напруга порівнюється з напругою засвічування лампи. Неонова лампа є одночасно і оптичним індикатором. Прилад простий за будовою, але ним можна вимірювати кілька різних величин, виготовивши до нього трансформатор, який стане у нагоді і при використанні інших вимірювальних приладів.

Загальновідому схему вольтметра показано на мал. 30, а. Лампа (з найнижчою напругою засвічування — МН-3) екранується — її поміщають у металеву трубку. Нову лампу треба якийсь час тренувати, пропускаючи через неї протягом кількох годин номінальний струм. Якщо шкала градується за постійною напругою, то прилад показує амплітудні значення змінної напруги. Щоб дістати діюче значення синусоїдальної напруги, треба поділити покази приладу на  $\sqrt{2}$  або виготовити окрему шкалу. Один з недоліків вольтметра — порівняно високий нижній поріг вимірюваних напруг (50 в). Цей недолік можна усунути, сполучивши послідовно з лампою батарею гальванічних елементів (з е. р. с., близькою до напруги засвічування, мал. 30, б). Вольтметр з додатковим джерелом е. р. с. вимірює напругу, починаючи від кількох вольт, але він менш практичний. -



Мал. 30.





Мал. 31.

З допомогою неоновї лампи з трансформатором можна міряти змінні струми або потужності у лініях із сталою напругою (мал. 30, в). Спад напруги на первинній обмотці трансформатора (5—50 витків) пропорціональний струму в лінії, тому і вторинна напруга також пропорціональна струму. Коефіцієнт трансформації вибирається від 40 до 200.

Схему універсального вимірювального приладу без гальванометра показано на мал. 31. До тиратрона МТХ-90 прикладено постійну стабілізовану напругу, нижчу від напруги засвічування. За допомогою резистора  $R_3$  у колі підготовки встановлюють струм, близький до струму засвічування (5 мка). Вимірювана напруга підводиться до катода і сітки тиратрона (через резистор  $R_3$ ). Діод (Д101) вибирають з малим зворотним струмом, щоб зменшити шунтування входу вольтметра. Опір резистора  $R_1$  обчислюють за формулою  $R_1 = \frac{0,45U}{I_{\text{ст}}}$ , де  $U$  — діюче значення

напруги на вторинній обмотці трансформатора ( $110 \div 127$  в),  $I_{\text{ст}}$  — номінальний струм стабілітрона. Замість стабілітрона можна використати стартер від люмінесцентної лампи на 220 в, тиратрон МТХ-90 або неонову лампу ТН-0,3. Перемикач роду роботи  $\Pi$  сполучає сітку тиратрона з дільником напруги безпосередньо або через вимірювальний резистор. У добре відрегульованих приладах для засвічування тиратрона досить підвищити напругу в колі підготовки на 3—5 в або збільшити струм на 1—2 мка. Виходячи з цих даних, розраховують резистори дільника вимірюваної напруги (на схемі номінали позначені орієнтовно). Для різних діапазонів напруг доводиться градувати окрему шкалу.

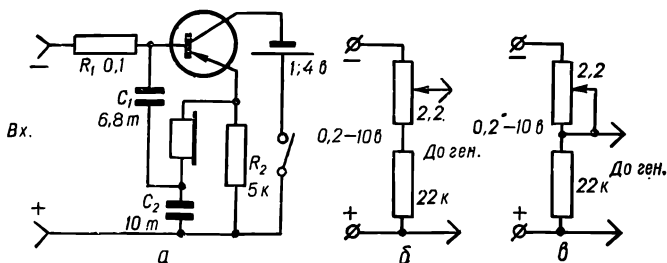
Прилад придатний для вимірювання постійних і максимальних значень змінних напруг і струмів. Змінний струм

у низькоомних колах вимірюють за допомогою трансформатора (див. мал. 35, в). Прилад можна використати для вимірювання опорів високоомних резисторів (від 0,1 до  $30 \div 40 \text{ Мом}$ ). Вимірювані резистори приєднують до затискачів « $R_x$ ». Шкалу змінного резистора градують у мегомах розрахунковим способом (за струмом підготовки) або експериментально, з допомогою резисторів з відомими опорами.

Чутливим елементом приладів може бути будь-який пристрій з різко вираженим пороговим значенням одного із своїх параметрів (напівпровідникові стабілітрони, диністри). Проте найзручніше брати такі, що одночасно можуть бути й індикаторами. Для вимірювання низьких напруг і малих струмів як індикатор можна використати малопотужний транзисторний генератор звукової частоти (мал. 32, а). У нормальному стані транзистор генератора закритий — коливання не генерується. Якщо до переходу база—емітер прикласти невелику напругу, генератор збуджується. Чутливість добре відрегульованих генераторів близько  $1 \text{ мка}$  за струмом та  $0,1 \text{ в}$  за напругою. Способи сполучення генератора з подільником напруги показано на мал. 32, б, в. Вхідний опір вольтметра досягає  $1 \text{ Мом}$  на вольт. Для вимірювання змінної напруги потрібний випрямляч.

## § 5. Електричні містки і компенсатори з електронними генераторами і звуковими індикаторами рівноваги

Електричні містки характеризуються простотою будови, широким діапазоном вимірювання різних величин і досить високою точністю. Найбільш потрібними в прак-



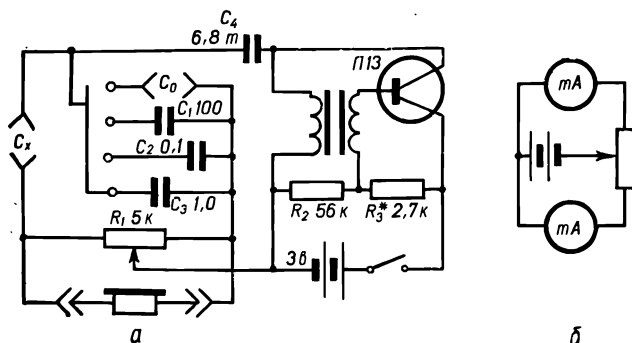
Мал. 32.

тиці аматорів бувають містки для вимірювання ємностей конденсаторів (датчиків) і для визначення коефіцієнтів підсилення транзисторів.

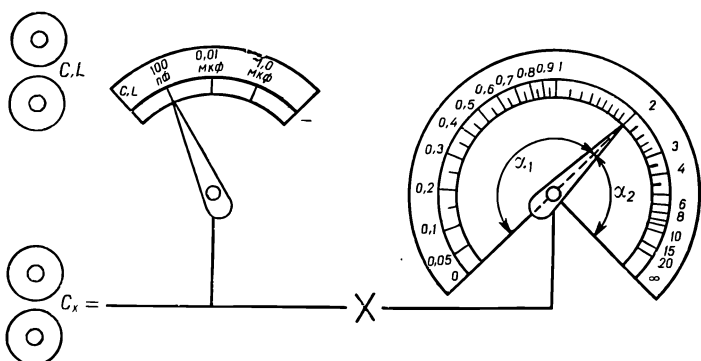
Найпростіший місток змінного струму складається з конденсаторів, ємність одного з яких відома, а другого — вимірюється, та змінного резистора. Резистор краще брати великого діаметра, лінійний. Як індикатор використовується високоомний телефон, джерело живлення — блокінг-генератор (мал. 33, а). Блокінг-генератор можна скласти на базі головного телефону (ТОН-1). Рівновагу містка ( $\frac{C_x}{C_0} = \frac{R_{1a}}{R_{16}}$ ) визначають за відсутністю звуку в телефоні.

Шкалу резистора градуують за допомогою міліамперметрів у відносних одиницях. Для цього прилади сполучають за схемою, вміщеною на мал. 33, б, і повзуном резистора підбирають відношення струмів, позначені на мал. 34. Для зручності вимірювання набір конденсаторів з відомими ємностями (10 пф, 1000 пф, 0,01 мкф, 0,1 мкф) вмонтовують в ящик. За допомогою містка можна вимірювати ємності конденсаторів від 5—10 пф до 10 мкф, порівнювати між собою опори резисторів та котушки індуктивністю понад 10 мГн.

Електричні компенсатори використовують для вимірювання коефіцієнтів підсилення транзисторів. Вони цікаві самі по собі і одночасно є добрими наочними посібниками для ілюстрації практичного застосування методу компенсації. Суть дії цих приладів зводиться до того, що на той самий



Мал. 33.

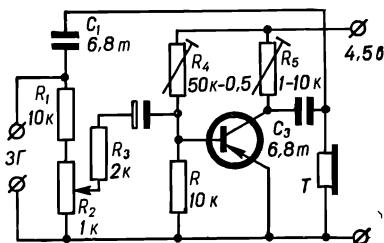


Мал. 34.

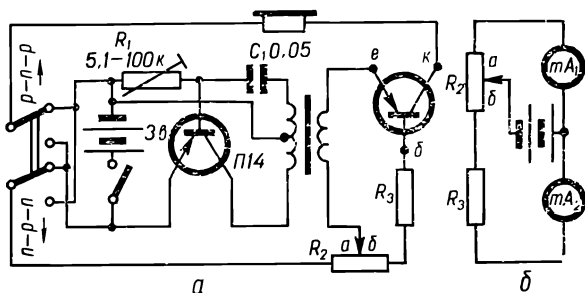
телефон-індикатор змінна напруга звукової частоти подається безпосередньо від звукового генератора і через подільник напруги та підсилювач на досліджуваному транзисторі. Оскільки електричні коливання від генератора і підсилювача мають протилежні фази, то, коли їх амплітуди дорівнюватимуть одна одній, телефон не звучатиме. Це буває тоді, коли з подільника напруги знімається  $\frac{1}{n}$  напруги генератора, а коефіцієнт підсилення транзистора за напругою дорівнює  $n$ .

Схему одного з можливих варіантів реалізації цього принципу подано на мал. 35. Звуковий генератор з напругою на виході 1—2 в можна скласти за будь-якою схемою. Частоту генератора і параметри резисторів підсилювача підбирають такі, якими вони будуть у реальному пристрої, де працюватиме досліджуваний транзистор. У цьому основна цінність приладу. На ньому можна дослідити, в якому режимі досліджуваний транзистор працює найкраще. Основний недолік — мала точність вимірювання (причини цього: зворотний зв'язок через ланку  $C_1R_1R_2R_3C_2$  та шунтування потенціометра  $R_2$ ).

Схему приладу, що має більшу точність вимірювання, але менші можливості,



Мал. 35.



Мал. 36.

подано на мал. 36. Звуковий генератор збуджує в емітер-базовому колі досліджуваного транзистора змінний струм  $I_e$ . У колі колектора проходить струм  $I_k = I_e \alpha$  ( $\alpha$  — коефіцієнт підсилення транзистора за струмом в схемі з спільною базою). Телефон не звучатиме, коли напруги на частині резистора  $R_{26}$  та резисторі  $R_3$  і на частині резистора  $R_{2a}$  дорівнюватимуть одна одній, тобто:

$$(I_e - I_k)(R_{26} + R_3) = I_k R_{2a},$$

$$\frac{R_{26} + R_3}{R_{2a}} = \frac{I_e \alpha}{I_e - I_e \alpha} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \beta.$$

$$\alpha = \frac{R_{26} + R_3}{R_2 + R_3}; \quad \beta = \frac{R_{26} + R_3}{R_{2a}}.$$

Шкалу потенціометра  $R_2$  градуюють експериментально. До резисторів  $R_2$  та  $R_3$  приєднують міліамперметри і батарею гальванічних елементів (мал. 36, б). На малюнку видно, що відношення опорів  $\frac{R_{2a}}{R_{26} + R_3} = \frac{I_2}{I_1}$  дорівнює оберненому від-

ношенню струмів, які через них проходять, звідси  $\frac{I_1}{I_2} = \beta$ . Для вимірювання  $\beta$  у межах від 10 до 100 опір резистора  $R_2$  повинен бути в 10 раз менший за опір  $R_3$ .

Прилад має перемикач для перевірки транзисторів обох типів. Трансформатор від кишенькового радіоприймача (вихідний), телефон високоомний, наприклад «Октава».

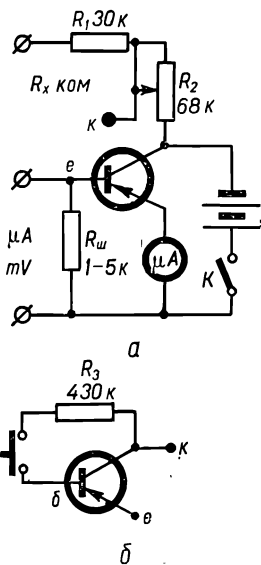
## § 6. Прилади безпосередньої оцінки величин з електронними вузлами

Чутливість шкільних лабораторних електровимірювальних приладів магнітоелектричної системи ( $\approx 10$  ма на шкалу) недостатня для багатьох вимірювань в аматорській практиці. Її можна значно підвищити за допомогою транзисторних підсилювачів. Розглянемо кілька прикладів використання шкільних приладів для вимірювання великих опорів, малих струмів і напруг та для дослідження транзисторів.

Для вимірювання малих струмів гальванометр сполучають з транзистором, як показано на мал. 37, а. Опір резистора  $R_{ш}$  підбирають так, щоб стрілка гальванометра відхилялась на всю шкалу при струмі 200—300  $\mu\text{A}$ . Дію початкового струму емітера можна скомпенсувати колектором. Чутливість приладу при такому сполученні і його внутрішній опір збільшуються майже в  $\beta$  разів.

Вимірюваний резистор  $R_x$  сполучають з базою і через змінний резистор  $R_2$  та постійний  $R_1$  — з колектором. Стрілку гальванометра встановлюють на нуль шкали омметра резистором  $R_2$  при закорочених затискачах  $R_x$ . Резистор  $R_1$  обмежує струм бази. Він потрібний на випадок закорочення резистора  $R_2$ . Шкалу гальванометра градуують в одиницях опору (в кілоомах) за допомогою магазину резисторів.

Приладом можна наближено вимірювати коефіцієнти підсилення за струмом транзисторів у схемі із спільним емітером. Для цього до точок «е» і «к» (мал. 37, б) приєднують досліджуваний транзистор, змінний резистор і кнопку. Послідовність вимірювання така: встановлюють повзунок резистора на максимум опору, транзистор ставлять у гнізда і замикають ключ  $K$ . Якщо відхилення стрілки мале (транзистор не пробитий), резистор  $R_2$  повзунком закорочується. На



Мал. 37.

шкалі міліамперметра відраховується струм колектора  $I_{к0}$  в *ма*.

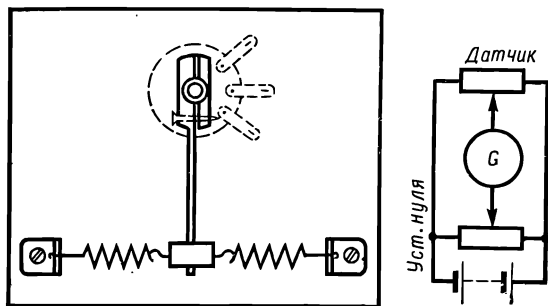
Потім натискається кнопка і знову вимірюється струм  $I_k$ . Якщо відрегулювати струм бази резистором  $R_3$  так, щоб він дорівнював 0,01 *ма*, то коефіцієнт підсилення

$$\beta = \frac{I_k - I_{к0}}{0,01} = (I_k - I_{к0})100.$$

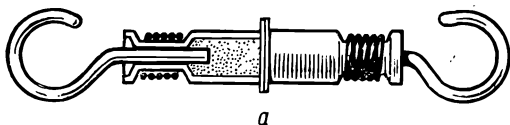
## § 7. Вимірювання неелектричних величин

Як відомо, вимірювання неелектричних величин електронними та електричними приладами зводиться до двох процесів: а) сприймання інформації про величину вимірюваного параметра (температури, тиску тощо) і перетворення її в електричний сигнал; б) вимірювання параметрів електричного сигналу (струму, напруги, частоти). Першу функцію виконують датчики, другу — електронні або електричні вимірювальні прилади: мікроамперметри, мілівольтметри, частотоміри. Отже, виготовлення приладів для вимірювання неелектричних величин зводиться до підбору або конструювання відповідних датчиків і вимірників (індикаторів).

Тепер уже немає потреби виготовляти примітивні датчики температури, освітленості, досить навчитися раціонально використовувати ті, що випускає промисловість. Проте окремі датчики доводиться конструювати самостійно, оскільки промислові зразки або малопридатні для фізичного експерименту, або їх просто ще нема в школах. Для прикладу розглянемо деякі з них.

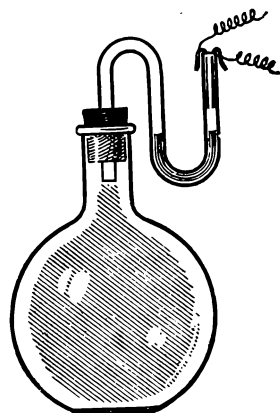


Мал. 38.



а

**Інерційний датчик прискорення.** Найпростіший чутливий елемент акселерометра можна виготовити із змінного резистора і важеля з вантажем, що утримується пружинами. Електричну схему акселерометра подано на мал. 38. Індикатор (демонстраційний гальванометр) встановлюють у нульове положення повзунком змінного резистора. Індикатором може бути і звуковий генератор (мал. 37). Шкалу гальванометра градуюють безпосередньо в одиницях прискорення ( $m/sec^2$ ).



б

Мал. 39.

**Вугільний датчик переміщення (деформації).** Простим і досить чутливим датчиком переміщення є гумова трубка діаметром 5—6 мм, заповнена вугільним порошком. Кінці трубки закривають товстим алюмінієвим дротом (мал. 39, а). Довжину трубки вибирають залежно від умов досліду. Опір вугільного порошку помітно змінюється навіть при незначному розтягуванні трубки. Датчик можна використати для виявлення деформацій розтягу, згину, кручення, натягу підвісу при коливанні маятника, зміни об'єму грудної клітки при диханні. Опір вимірюють демонстраційним гальванометром або фіксують звуковим генератором.

**Електроконтактні датчики.** Такі датчики замикають кола оперативного струму безпосередньо, проте коли контакти розраховані на малі струми, то доводиться застосовувати електронні реле. Наприклад, для демонстрування залежності тиску від висоти використовують бароскоп з контактним датчиком у манометрі (мал. 39, б). Індикатор-генератор і батарею гальванічних елементів кріплять разом з бароскопом. Положення контактів вибираються так, щоб вода досягала їх при підніманні приладу на висоту 1,5—2 м (відстань між контактами і поверхнею води — 2,0—2,5 мм).



## § 8. Електронні вузли автоматичних та телемеханічних систем

Приступаючи до виготовлення автоматичних електронних пристроїв, треба узагальнити й уточнити знання гуртківців про неелектронні автомати, показати недоліки цих автоматів та продемонструвати переваги відповідних електронних (фотоелектронних та ємнісних реле, автоматів економії електроенергії тощо).

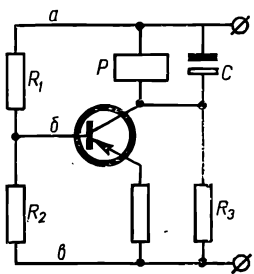
Першими об'єктами для практичних занять можуть бути найпростіші транзисторні фото- і термореле, перемикаючі пристрої, реле часу.

Найпростіше фотореле складається з фотодіода і чутливого електромагнітного реле, проте ці прилади дефіцитні, тому частіше використовують фоторезистори з електронними реле. Фоторезистор можна замінити транзистором, в якого проти емітера в захисному ковпачку прорізано отвір. Цей отвір заклеюють прозорою плівкою, щоб захистити кристал від пилу і вологи.

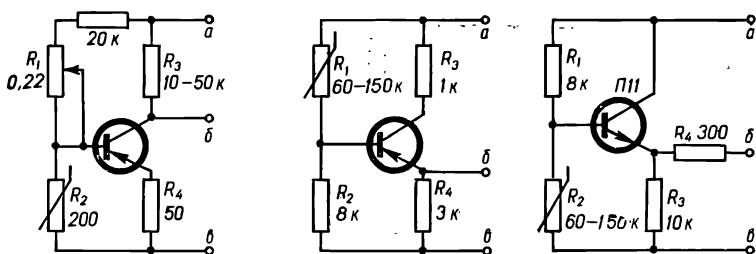
Електронні реле (мал. 40) використовують у комплекті з різними датчиками (фоторезисторами, терморезисторами, вугільними мікрофонами тощо). Опори резисторів розраховують окремо для кожного електромагнітного реле і транзистора. Для прикладу визначимо опори резисторів до реле РСМ-1 з опором обмотки 750 ом та транзистора П-13 з коефіцієнтом підсилення  $\beta = 20$ . Згідно з довідниковими даними струм спрацьовування реле РСМ-1 — 24 ма, але його можна зменшити до 15 ма, знявши одну контактну групу. Струм відпускання якоря вимірюють експериментально ( $I_b \approx 10$  ма). Оскільки струм колектора 10 ма при номінальній напрузі 10 в, то транзистор треба

зашунтувати резистором, через який проходив би струм не менший від 5 ма і не більший за 10 ма. Наближено опір резистора  $R_3 = \frac{10 \text{ в}}{7,5 \text{ ма}} = 1,3 \text{ ком}$ . Остаточню його

величину підбирають, настраюючи реле. Вона має бути такою, щоб якір реле надійно відпускався, коли на датчик перестає діяти фізичний фактор (світло, тепло і т. д.). Резистор  $R_3$  з конденсатором  $C$  або з вентилем



Мал. 40.



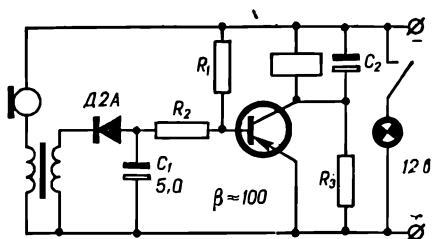
Мал. 41.

запобігають пробиванню між колектором і емітером при індукуванні високої напруги в обмотці реле з великою індуктивністю.

Двокаскадне електронне реле відрізняється від розглянутого вище тим, що має попередній підсилювач напруги (струму), який можна скласти за будь-якою схемою (мал. 41, а, б, в). Точки а, б, в сполучаються з одноіменними точками на схемі однотранзисторного реле. Опори резисторів вказано орієнтовно. Їх підбирають під час налаштування реле так, щоб струм бази другого транзистора при дії фізичних факторів на датчик змінювався в межах  $I_{б\max}$  —  $I_{б\min}$ . У коло емітера другого транзистора доцільно ввімкнути резистор на 10—20 ом для створення зворотного негативного зв'язку.

Термореле складається за такою схемою, як і фотореле. Місце фоторезистора займає терморезистор або германієвий діод.

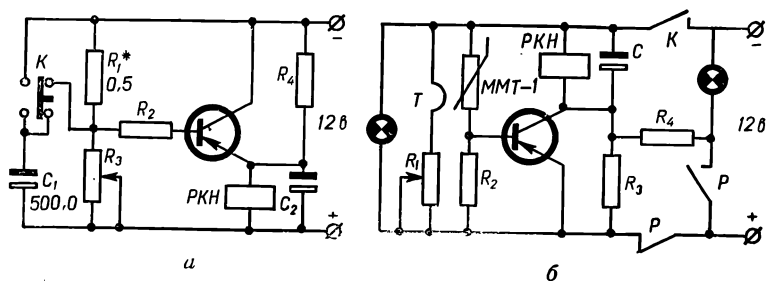
Найпростіше звукове (акустичне) реле складається з вугільного мікрофона, підсилювача й електромагнітного реле (мал. 42). Замість мікрофонних трансформаторів можна використати вихідні або узгоджуючі трансформатори від кишенькових радіоприймачів. Перші краще працюють з низькоомними мікрофонами (МБ-10), другі — з високоомними. Для живлення низькоомних мікрофонів потрібна додаткова батарея гальванічних елементів. Опір резистора  $R_1 \cong \frac{U}{I_k} \cdot \beta$ , де  $U$  — напруга живлення реле,  $I_k$  — струм колектора, при якому якір реле надійно відпускається,  $\beta$  — коефіцієнт підсилення транзистора. Резистор  $R_2 \cong 100$  ом і конденсатор  $C$  збільшують інерційність роботи реле. Дво- і трикаскадне реле складається за однією



Мал. 42.

із схем відповідного електронного реле [38]. Чутливість простого акустичного реле невелика, але достатня для проведення деяких ігор.

**Реле часу.** Найпростіші реле часу конструюють, використовуючи два різних фізичних явища: поступову зміну напруги на конденсаторі при його заряджанні (розряджанні) через резистор або поступову зміну струму, що проходить через терморезистор при нагріванні (охолодженні) останнього. Реле з розрядними  $RC$ -ланками працюють стабільніше, менше реагують на температуру навколишнього середовища. На мал. 43, а показано схему реле з видержкою часу до 5 хв. Опір резистора  $R_1$  підбирають так, щоб якір реле надійно відпускався при введеному резисторі  $R_3$ . Видержку часу встановлюють змінним резистором  $R_3$ . Резистор  $R_2$  обмежує розрядний струм конденсатора і також впливає на видержку часу. Резистор  $R_4$  ставлять тоді, коли струм спрацьовування реле перевищує допустимий струм колектора (див. вище). Щоб запустити реле, треба натиснути на кнопку і відпустити її. Контакти реле



Мал. 43.

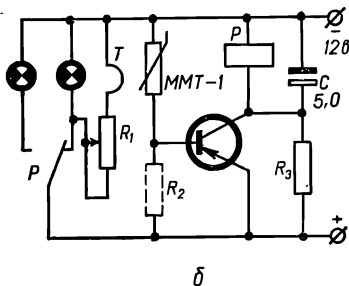
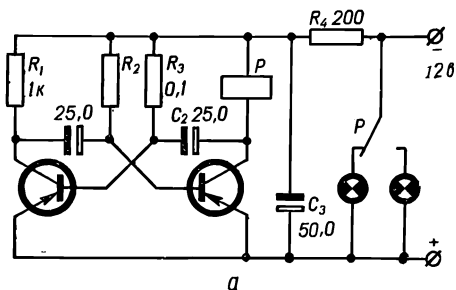
замкнуться (розімкнуться) і лишатимуться в такому положенні, поки конденсатор не розрядиться.

Датчиком часу може бути терморезистор, обмотаний тонким ізольованим високоомним проводом (наприклад, константановим) (мал. 43, б). Опір підігрівника  $\approx 200$  ом. Швидкість нагрівання, а отже, і видержку часу реле, регулюють змінним резистором  $R_1 = 200$  ом. Резистор  $R_4$  обмежує струм обмотки реле при самоблокуванні. Після замикання ключа  $K$  вмикається підігрів терморезистора. Через деякий час терморезистор нагріється, реле спрацює і самозаблокується. Блокування потрібне для запобігання перегріву терморезистора й економії електроенергії. Перемиканням ключа реле переводять у початковий стан.

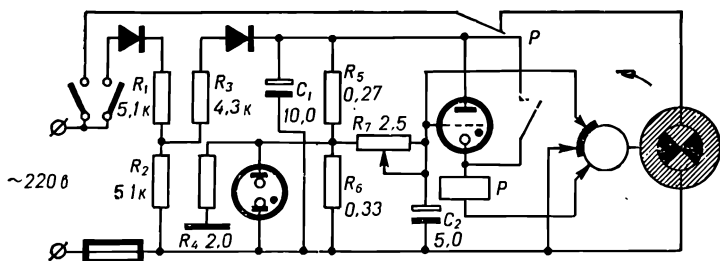
**Перемикальні пристрої.** Електронні перемикальні пристрої простіші, стабільніші, економічніші та оперативніші за електромеханічні. Найпоширенішими перемикальними пристроями в дитячих саморобках є мултивібратори і реле часу з терморезисторами (мал. 44, а, б).

Мултивібратор складніший від реле часу, але його можливості більші. Змінюючи опори резисторів  $R_2, R_3$ , можна регулювати час свічення ламп. Мултивібратор з фото- і терморезисторами, встановленими замість резисторів  $R_2, R_3$ , реагує на світло або тепло, збільшуючи або зменшуючи частоту перемикань.

Реле часу працює як перемикальний пристрій у такий спосіб. Після замикання ключа  $K$  нагрівник підігріває терморезистор. Через деякий час опір терморезистора зменшиться настільки, що спрацює реле. Воно своїми контактами вимкне нагрівник і одну



Мал. 44.



Мал. 45.

лампу, одночасно ввімкнувши другу. Коли резистор охолоне, реле повернеться в початковий стан, і цикл повторюватиметься. Час перемикання регулює резистор  $R_1$ , він помітно залежить від якості теплоізоляції термістора і температури навколишнього середовища.

Крім перелічених вище електронних вузлів, у дитячих іграх використовують електроконтактні «відгадувачі апарати», «електронні лікарні», автоматичні гойдалки та інші вузли. Їх будову детально описано в літературі [17].

Окремим учням, які добре навчаються й успішно працюють у гуртку, можна рекомендувати виготовлення складніших пристроїв, наприклад, автоматизовані реле часу для фотодрукування, універсальні регулятори освітленості або температури.

**Автоматизоване реле часу для фотодрукування.** Існуючі реле мають спільний недолік: друкуючи кожну фотографію, треба перемикати вимикач. Для економії рухів доцільно сумістити перемикач з оправою червоного світлофільтра збільшувача так, щоб після відведення фільтра через установлений час вимикалася лампа ліхтаря, а при перекриванні ним світлового потоку — вмикалася. Цей задум реалізовано в автоматі, показаному на мал. 45.

Резистори  $R_1$ ,  $R_2$  використовуються як подільники напруги від електромережі,  $R_3$  обмежує струм тиратрона. До зарядної RC-ланки реле входять резистори  $R_5$ ,  $R_7$  і конденсатор  $C_2$ . Неонова лампа ТН-0,3 стабілізує напругу на резисторі  $R_6$ , забезпечуючи сталість видержок часу при коливаннях напруги до  $\pm 10\%$ . Напруга засвічування лампи має бути не меншою за 90 в. Неонова лампа одночасно є й індикатором правильного вмикання автомата в мережу. Якщо ввімкнути автомат і доторкнутися до зонда,

вона не повинна засвічуватись. У протилежному разі треба перекинути штепсельну вилку, щоб нульовий провід був сполучений з перемикачем на світлофільтрі. Опір резистора  $R_3$  підбирають експериментально так, щоб якір реле лишався притягнутим після замикання контактів реле.

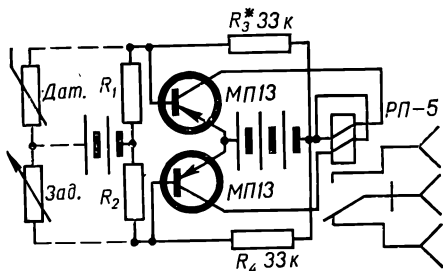
Перемикач збирають з двох дерев'яних або пластмасових циліндрів, один з яких сполучений з оправою світлофільтра, а другий — з корпусом збільшувача. Перемикаючий контакт у вигляді бронзової смужки кріпиться на рухомому циліндрі.

Працює реле так. Коли світлофільтр вводиться, зарядний конденсатор  $C_2$  закорочений, реле  $P$  від'єднане від електромережі, струм до лампи проходить через розмикаючий контакт реле  $P$ . Коли фотопапір вставляють у рамку і відводять світлофільтр, конденсатор  $C_2$  починає заряджатись, і через встановлений резистором час засвічується тиратрон. Лампа вимикається, а реле самоблокується. Коли треба ввімкнути лампу при відведеному світлофільтрі, автомат вимикають.

Перемикач, сполучений з оправою світлофільтра, можна встановити і на промислових реле часу.

**Універсальний регулятор.** Регулятором одного з двох механізмів при відхиленні регульованого параметра від норми може бути демонстраційний гальванометр з контактами, встановленими на шкалі і стрілці. Якщо, наприклад, регульована температура зростає, кут відхилення стрілки збільшується поки замкнеться контакт механізму, що відмикає нагрівник. При зниженні температури контакт замикається з протилежної сторони стрілки.

Значно компактніший і надійніший регулятор з електронними реле (мал. 46). Величину регульованого пара-



Мал. 46.

метра встановлює задатчик. Електронне реле працює з будь-яким реостатним містком, тому автомат може регулювати температуру, освітленість, деформації та інші фізичні величини, що впливають на електричний опір. Міст складається з резисторів, опори яких дорівнюють середньому опору датчика. Задатчиком є змінний резистор в одному або двох плечах містка. Електронна схема може бути будь-якого типу, але така, щоб при різних напрямках розбалансування містка вмикались різні виконавчі механізми. На мал. 46 зображено регулятор з транзисторним підсилювачем струму.

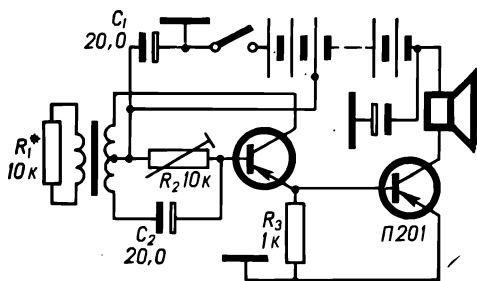
### **§ 9. Електроніка у фізичному експерименті за програмою 6—8-х класів**

На закінчення занять в гуртку для учнів середніх класів корисно розглянути кілька практичних прикладів застосування електронних приладів у фізичному експерименті за програмою 6—8-х класів. Виготовлення простих демонстраційних установок дає велику користь: гуртківці повторюють вивчений матеріал і модернізують обладнання кабінету. Виготовлені гуртківцями прилади використовують для унаочнення уроків і гурткових занять.

Зважаючи на те, що електронні пристрої відіграють лише допоміжну роль при вивченні зв'язків між різними фізичними явищами в 6—8-х класах, їх роблять малопомітними і розглядають як «чорні ящики». Цією обставиною визначається і їх місце в експерименті. Вони дуже корисні в тих випадках, коли вивчають залежність між двома явищами, не вникаючи в суть дії вимірювальних інструментів. Наприклад, досліджуючи зміну температури при нагріванні, плавленні і твердненні кристалічних речовин, усю увагу зосереджують на мітках часу і показах термометра. Принцип дії метронома (секундоміра) та термометра можна зовсім не брати до уваги.

Спинимосся на деяких саморобних електронних приладах, що використовуються у фізичному експерименті в 6—8-х класах.

**Електронні метрономи.** Метрономи, що живляться від електромережі, описано в розділі I. Транзисторні метрономи з живленням від батарей гальванічних елементів мають дещо складнішу будову, але вони більш зручні в експлуатації. Принцип дії транзисторних метрономів

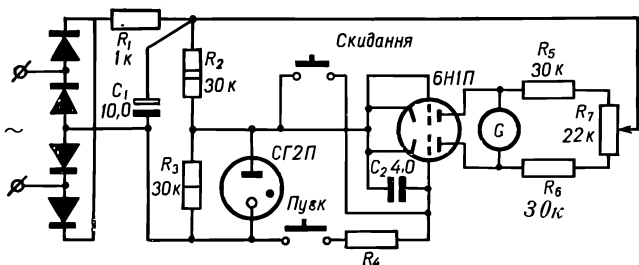


Мал. 47.

такий. Короткі імпульси, які виробляє мультивібратор або блокінг-генератор через задані проміжки часу, відкривають транзистор із струмом колектора 1—1,5 а. У колекторне коло ввімкнено звукову котушку гучномовця, який дає звукові мітки часу. Один з варіантів транзисторних метрономів показано на мал. 47, де трансформатор — узгоджуючий від кишенькового радіоприймача, батарея живлення — з батареєю КБС. Тривалість інтервалів встановлюється резистором  $R_2$ . Конденсатор  $C_2$  повинен мати якнайменший струм провідності.

**Електронні секундоміри.** У найпростіших секундомірах давачем часу може бути зарядна (розрядна)  $RC$ -ланка. Напруга на конденсаторі вимірюється електронним вольтметром. Шкала вольтметра градується безпосередньо в одиницях часу (секундах).

Ламповий секундомір складається за паралельно балансною схемою (мал.48). Баланс напруг на анодах ламп встановлюють змінним резистором  $R_7$  при замкненому конденсаторі  $C_2$ . Конденсатор  $C_2$  заряджається через



Мал. 48.



резистор  $R_4$ , опір якого обчислюють за формулою

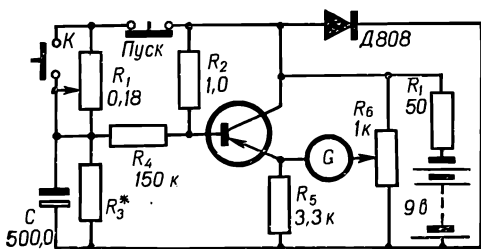
$$R = \frac{0,43t}{C_2 \cdot \lg \frac{U_{\text{ст}}}{U_{\text{ст}} - U_c}}.$$

Час зарядження  $t$  конденсатора до напруги  $U_c$  визначають умовами досліду.  $U_{\text{см}}$  — напруга на стабілітроні. Наприклад, при  $U_{\text{ст}} = 108$  в, конденсатор  $C_2 = 4$  мкф зарядиться до  $U_c = 2$  в за  $t = 1$  сек через резистор  $R_4 = 12,5$  Мом.

Секундомір пускається кнопкою «пуск» або замикаючими контактами, сполученими паралельно з кнопкою. У багатошкальних секундомірах ставлять набір зарядних резисторів. Потрібний з них вмикається перемикачем [26].

Секундомір з транзисторним вольтметром менш точний, але він зручніший і безпечніший, бо живиться від батареї гальванічних елементів. Схему одного з можливих варіантів показано на мал. 49.

У вихідному положенні контакти «пуск» замкнуті, конденсатор  $C$  заряджений до максимальної напруги, через гальванометр проходить максимальний струм. Після пуску секундоміра і розмикання контактів «пуск» конденсатор розряджається на 1—2 вольти. Оскільки на початку розрядження струм зменшується практично пропорційно часу, то стрілка гальванометра відхиляється майже рівномірно. Спиняють секундомір замиканням контактів «пуск». Опір резистора  $R_1$  підбирають такий, щоб конденсатор заряджався повільно після замикання контактів «пуск», тоді відхилення стрілки якийсь час не змінюватиметься. У початкове положення прилад повертають натискуванням на кнопку  $K$ . Тривалість розрядження конденсатора (ціна поділки секундоміра) зменшується



Мал. 49.

шунтуючим резистором  $R_3$ . У багатושкальному секундомірі доводиться ставити набори шунтуючих резисторів.

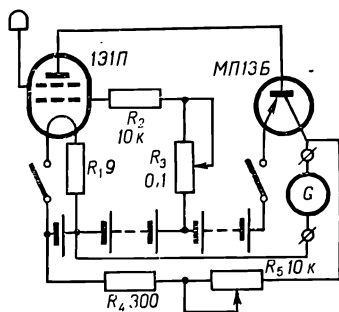
У зв'язку з розбіжністю параметрів транзисторів резистори  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  треба добирати експериментально. Орієнтовний розрахунок резисторів, їх добір, дослідження дії секундоміра — цікаві для гуртківців практичні завдання, що сприяють вивченню транзисторів та електронних вимірювань.

**Електронний електрометр.** Електростатичні електрометри малочутливі, тому для багатьох дослідів доводиться використовувати електронні. Електрометр, схему якого показано на мал. 50, на відміну від аналогічних приладів, описаних у літературі, живиться від гальванічних елементів. Давачем напруженості електростатичного поля є електрометрична лампа. Її можна замінити мініатюрним тетродом або пентодом. Анодний струм лампи вимірюють демонстраційним гальванометром з транзисторним підсилювачем. При вимірюванні від'ємних потенціалів, струм катодної сітки підбирається резистором  $R_3$  такий, щоб стрілка гальванометра відхилилася на всю шкалу. Коли треба визначити рід заряду, то стрілку гальванометра встановлюють на середину шкали. Початковий струм колектора компенсується за допомогою резистора  $R_5$ .

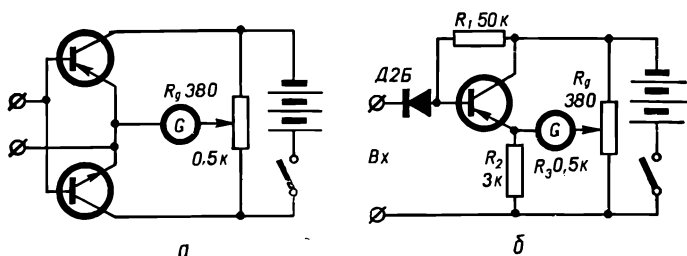
Електрометр монтують у невеликому ящику, на якому встановлено лампу. Вивід сітки є зондом. Пристрій живиться від 4—5 елементів 1,3 ФМЦ-0,25. Електрометр з невеликою антеною реагує на повільне переміщення зарядженої палички на відстані до 5 м.

**Підсилювачі до демонстраційних гальванометрів.** Чутливість демонстраційних нуль-гальванометрів старих випусків недостатня для багатьох дослідів, тому їх часто сполучають з підсилювачами.

Прості підсилювачі для нуль-гальванометрів складаються з транзисторів двох типів провідності (мал. 51, а). Щоб стрілка гальванометра симетрично відхилялася в обидва боки, треба підібрати транзистори з однаковими коефіцієнтами підсилення і вхідними провідностями. Рів-



Мал. 50.



Мал. 51.

ність початкових колекторних струмів встановлюється за допомогою змінного резистора. Відхилення стрілки гальванометра пропорціональне сумі змін струмів емітерів.

Гальванометр з таким підсилювачем придатний для виявлення повільно змінних струмів, наприклад, таких, що виникають у демонстраційному коливальному контурі з великими  $L$ ,  $C$ . Вхідний опір підсилювача менший за опір переходу база—емітер ( $\approx 50$  ом).

Найпростіший підсилювач з великим вхідним опором складають за схемою емітерного повторювача (мал. 51, б). За допомогою резистора  $R_1$  підбирають найкращий режим роботи транзистора в процесі вимірювання. Стрілку гальванометра встановлюють на нуль шкали за допомогою резистора  $R_3$ . Вхідний опір такого підсилювача близький до опору в колі емітера, помноженого на коефіцієнт підсилення транзистора  $\beta$ . Підсилювач використовують для вимірювання напруг і струмів у високоомних колах постійного струму.

Гуртківці виготовляють також наочні посібники з хімії, біології, географії, математики, які потребують електронних приладів. Для прикладу розглянемо будову демонстраційного анемометра-термометра. Він складається з двох однакових терморезисторів, один з яких захищений від вітру, а другий — відкритий. Перший вміщено у вертикальну металеву трубку, закриту зверху, другий — під «грибом». Терморезистори нагріваються струмом. Той з них, що обдувається вітром, має нижчу температуру і відповідно більший опір. Різниця опорів терморезисторів залежить від швидкості вітру.

Схему сполучення приладів подано на мал. 52. Гальванометр вмикається в діагональ містка, що працює як зрів-

новажений або незрівноважений. Терморезистори для анемометра треба брати в металевому корпусі (КТМ-4) з опором 1 ком. Опори резисторів  $R_3$ ,  $R_4$  та  $R_5 + R_6$  на 10—15% менші за «холодний» опір терморезисторів. Опір резистора  $R_5$  дорівнює максимальній зміні опору терморезистора  $R_2$ . Напруга живлення має бути достатньою для розсіювання терморезисторами потужності 0,5 *вт*:

$$U = \sqrt{0,5 \text{ вт}(R_2 + R_3) \text{ ом.}}$$

Захищеним від вітру терморезистором можна вимірювати температуру повітря. Для цього терморезистор вимикається, а замість нього вмикається термостабільний резистор  $R_3$ .

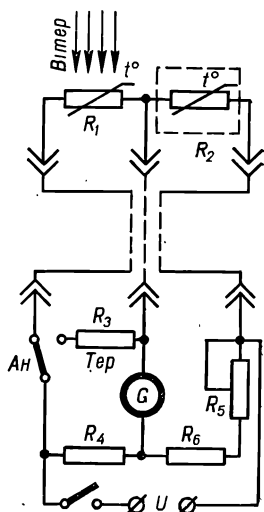
Електронне реле, сполучене з датчиком — анемометром, служить автоматом, що подає сигнали, коли швидкість вітру перевищує задану величину, або вмикає запобіжні пристрої для запобігання руйнуванню споруд від сильного вітру.

### СУСПІЛЬНО КОРИСНА ПРАЦЯ ГУРТКІВЦІВ СЕРЕДНІХ КЛАСІВ

Гуртківці за дорученням піонерської організації обслуговують шкільні радіовузли, телевізор у піонерській кімнаті, допомагають учителям демонструвати фільми, магнітофонні і радіограмофонні записи, випускають технічні бюлетені [39]. У сільських школах гуртки є центрами пропаганди радіотехнічних засобів, гуртківці допомагають колгоспникам встановлювати телевізійні антени, роблять дрібний ремонт побутової радіоелектронної апаратури.

Своєрідна форма суспільно корисної праці старших піонерів — їх робота з молодшими товаришами, організація ігор та розваг за допомогою технічних засобів.

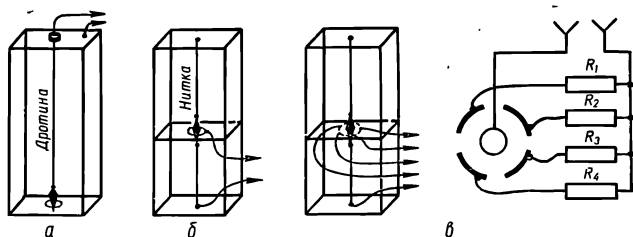
Розглянемо кілька прикладів використання електронних пристроїв для виготовлення іграшок та організації ігор [7].



Мал. 52.

## § 1. Електронізація іграшок

В іграшки-фігурки звірів, птахів вставляють звукові генератори. Електроенергію до них підводять через кнопки або ключі, конструкція яких зумовлює «поведінку» іграшок. Якщо, наприклад, кнопку заховати в певному місці фігурки або сполучити ключ з якоюсь деталлю іграшки, то гучномовець звучатиме при натискуванні на цю кнопку або при переміщенні лапки, хвоста, голови і т. д. у положення, що відповідає замкнутому ключу [15]. Можна виготовити ключ у вигляді виска на дротині,



Мал. 53.

пропущений крізь металеве кільце. Тоді генератор вмикатиметься при зміні нахилу іграшки (мал. 53, а, б). Якщо кільце скласти з 3—4 ізолюваних частин, сполучених з резисторами різного опору (мал. 53, в), то фігурка видаватиме різні звуки, залежно від того, в який бік її повертатимуть.

Іграшки з вмонтованими електронними реле перемикаючими пристроями реагують на певні впливи (подразнення). Реле вмикають виконавчі механізми, які приводять у рух іграшки або їх частини, відтворюють звуки, вмикають (вимикають) загальне освітлення тощо. Наприклад, акустичне реле «закликає до порядку», засвічуючи відповідні написи або подаючи якісь інші сигнали. Семафор на перехресті доріг ввімкне зелене світло тій машині, яка швидше подала йому світловий сигнал, якщо в нього вмонтовано перемикаючий мультивібратор з фоторезистором.

## § 2. Організація ігор

Електронні засоби допомагають організувати цікаві спортивні ігри та розваги, надають відомим іграм нову форму, роблять їх більш захоплюючими.

**Ігри із звуковим генератором.** «Хто далі пройде рівно». Звуковий генератор сполучають з джерелом електроенергії через давач горизонтального положення — висок у металевому кільці (мал. 53, а, б). Виграє той, хто пройде довший шлях, або підніметься на драбині тощо, не порушивши рівноваги приладу (у кого не зазвучить генератор).

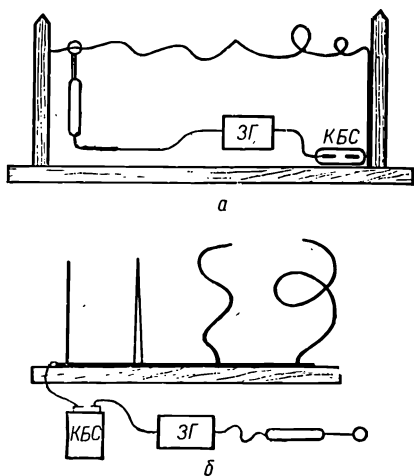
«Обведи кільцем дротину». Звуковий генератор сполучають з кільцем і дротом, як показано на мал. 54, а.

Спочатку дріт прямий, а чим далі доводиться переміщувати кільце, тим складніші фігури він утворює. Виграє той, хто найдалі пересуне кільце.

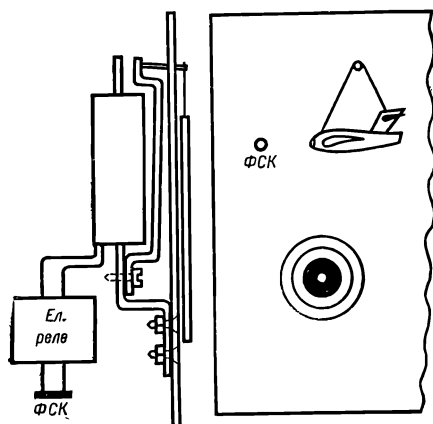
«Надінь кільце на стержень» (мал. 54, б). Ця гра аналогічна до попередньої. Кожний з наступних стержнів має більше вигинів, що перешкоджають виконанню завдання.

«Обведи фігуру». Фігуру (кільце, літера, контури простого малюнка) вирізують з фольги і наклеюють на папір. Електричні контакти приєднуються до м'якого грифельного олівця та до контура фігури. Генератор звучить, поки олівець ковзає по фользі. Виграє той, із закритими очима обведе складнішу фігуру. Можна поставити завдання намалювати простішу фігуру, не торкаючись фольги.

**Ігри з фотореле.** Найпопулярніша гра з фотореле — змагання із «стрільби». Оптичними «гвинтівками» або «пістолетами» можуть бути світлові указки з мушкою і прицілом. Якщо «гвинтівку» навести на ціль (фоторезистор) і ввімкнути лампу указки, то спрацює реле, ввімкнувши пристрій, що імітує влучання в ціль. Інтерес до гри викликається гарним оформленням «мішені». Для «мішені» можна використати дитячі іграшки (літаки, ракети) або вирізані контури різних об'єктів. Фоторезистор ставлять



Мал. 54.



Мал. 55.

на місце найбільш «вразливе» для об'єкта. Об'ємні об'єкти підвішують на нитках до кільця, надітого на заскочку. Плоскі контури надівають на заскочки, просвердленими для цього отворами. Заскочки втягуються за щит електромагнітом. Заскочкою може бути шматок мідного дроту, припаяного до якоря реле (мал. 55).

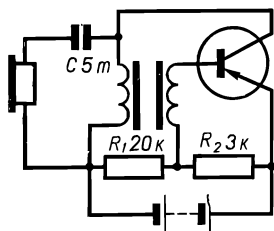
Викликає захоплення дітвори і «стрільба» по мішенях-кругах, в центрі яких поміщені

фоторезистори, якщо фотореле сполучене з лічильником.

Цікава й інша гра, коли треба самому знайти ціль із закритими очима. Учасник гри спрямовує фоторезистор на вузький пучок світла від кишенькового ліхтаря, що розміщений на відстані 10—15 м. Фоторезистор поміщено в трубку довжиною близько 5 см, щоб зменшити вплив бокових променів. Виграє той, хто на більшій відстані відшукає ціль (джерело світла).

**Ігри з реле часу і перемикаючими пристроями.** Роль реле часу і перемикаючих пристроїв зводиться до дозування часу в різних іграх, наприклад, відгадування загадок за встановлений час, складання скоромовок і т. д. Перемикаючий пристрій вмикає сигнальну лампу через встановлений час. Учасник гри за кожним сигналом повинен,

наприклад, назвати місто (річку, гори і т. д.). Виграє той, хто назве більше об'єктів у темпі сигналів.



Мал. 56.

### § 3. Ігри-досліди з фізики

**Визначення солоності води.** Паралельно до резистора  $R_1$  звукового генератора (мал. 26, б, в) приєднують два ізольовані провідники-

зонди довжиною 1—1,5 м. При зануренні їх у воду тон звучання генератора залежить від солоності води. Добавляючи в склянку води по одному кристалику солі, можна прослухати цілу гаму звуків, що відповідають різній концентрації розчину. Аналогічні досліди можна провести з розчином питної соди, вапна, оцту, лимонної кислоти, цукру, одеколону з кип'яченою, дощовою або водопровідною водою. Мета цих дослідів — показати дітям, як різні розчини проводять електричний струм.

**Знаходження металевих предметів.** У генераторі на телефоні знімається мембрана. Другий телефон приєднується до генератора, як показано на мал. 56. Телефон-генератор разом з батареєю живлення (2 елементи ФМЦ) кріпляться в одній коробці. Коли до котушок генератора підносити залізний предмет, тон звучання різко знижується; коли підносити метал немагнітний, то тон дещо підвищується. Чутливість металошукача підвищується із збільшенням відстані між котушками генератора.



# **ЕЛЕКТРОНІКА НА ЗАНЯТТЯХ ГУРТКІВЦІВ СТАРШОКЛАСНИКІВ**

## **ЕЛЕКТРОНІКА У ШКІЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ ЗА ПРОГРАМОЮ ДЛЯ СТАРШИХ КЛАСІВ**

Роль електронних приладів у фізичному експерименті з кожним роком зростає. Ще недавно їх використовували переважно для вивчення електронних явищ. Тепер електронні пристрої допомагають розкривати фізичну суть механічних, теплових, електричних, оптичних явищ, ними вимірюють фізичні величини, які важко або й зовсім неможливо виявити інструментами класичної фізики. Без перебільшення можна сказати, що електроніка осучаснює, модернізує фізичний експеримент у школі в цілому.

Діяльність гуртківців у галузі експлуатації, конструювання і виготовлення електронного обладнання для фізичного експерименту включає:

- 1) систематичний ремонт приладів, періодичну перевірку їх дії, технічний нагляд за шкільною радіоелектронною апаратурою;
- 2) складання установок з готових приладів;
- 3) виготовлення копій та аналогів шкільних електронних приладів, що входять до комплекту типового обладнання кабінетів фізики;
- 4) конструювання і виготовлення допоміжних приладів і пристосувань, рекомендованих методичною літературою або задуманих самостійно.

### **§ 1. Виготовлення копій та аналогів шкільних електронних приладів**

Типове електронне обладнання фізичних кабінетів середніх шкіл складається більше ніж з 20 типів приладів, випущених «Головучтехпромом». Гуртківці доглядають і ремонтують наявне обладнання, проте найголовніше їх завдання — виготовляти прилади та пристрої, яких ще немає в кабінеті.

Окремі електронні прилади (випрямлячі, фотореле, набори з радіотехніки, лічильники іонізуючих частинок) доцільно копіювати з промислових зразків. Роботу цю доручають менш підготовленим гуртківцям, які бажають набути навичок монтажу електронних приладів.

Значно більший педагогічний ефект дає виготовлення аналогів типових шкільних приладів, принципово схеми яких можна реалізувати у різних конструктивних варіантах. Наприклад, підсилювачі і містки до демонстраційних гальванометрів, установки для визначення довжини електромагнітних хвиль, звуковий та ультразвуковий генератори, набори з радіотехніки, генератори УКХ, можуть відрізнятися від промислових зразків не тільки способом розміщення деталей, а й способом живлення електроенергією, робочими частотами тощо.

## **§ 2. Конструювання і виготовлення допоміжних приладів і пристосувань**

Допоміжними можна умовно назвати такі пристрої, які поліпшують і розширюють демонстраційні можливості шкільних приладів. Умовність цієї назви полягає в тому, що той самий пристрій в одному випадку виконує допоміжну роль, а в іншому — становить об'єкт вивчення. Часто допоміжні пристрої виготовляють під час підготовки до лабораторних робіт, фізичних практикумів, позаурочних занять [21, 26, 40].

Допоміжне обладнання можна розбити на такі групи:

1) електронні приставки до демонстраційних гальванометрів, осцилоскопів, генераторів УКХ, лічильників-секундомірів, які значно розширюють можливості цих приладів;

2) електронні генератори електричних імпульсів різної форми і частоти коливань, світлових імпульсів;

3) перетворювачі електроенергії: випрямлячі, трансфертери, інвертори;

4) перетворювачі інформації: датчики, вимірювальні інструменти;

5) засоби автоматики і телемеханіки для фізичного експерименту;

6) допоміжне обладнання для забезпечення кращої видимості при фізичному експерименті;

7) допоміжні пристрої для позаурочних занять.

Відомо, що функції електронних пристроїв у вимірювальній апаратурі зводяться до:

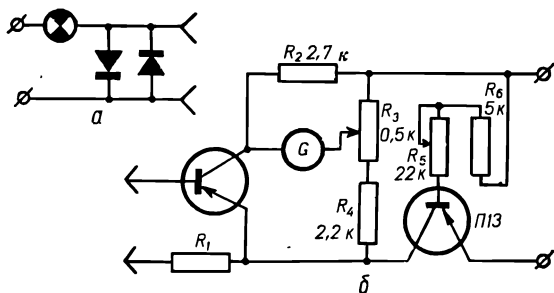
- 1) перетворення одного виду струмів і напруг в інший, зручний для вимірювання;
- 2) підсилення струмів і напруг;
- 3) генерування електричних коливань;
- 4) візуалізації електричних напруг.

Електронні приставки виконують переважно дві перші функції. Найпростіші підсилювачі постійного струму до гальванометрів виготовляють на заняттях гуртка учнів середніх класів. Гуртківці-старшокласники легко справляються з виготовленням складніших підсилювачів і містків до гальванометра, рекомендованих у методичній літературі.

Розглянемо будову і дію кількох приставок, що використовуються у позаурочних дослідах і фізичному експерименті.

### § 3. Приставка-обмежувач

Приставки-обмежувачі запобігають псуванню вимірювальних приладів, коли до них прикладено напругу, що набагато перевищує допустиму. Обмежувачі потрібні до гальванометрів — індикаторів нуля у вимірювальних містках, коли важко передбачити, яке значення напруги буде при вибраному положенні повзунка реохорда. Простий обмежувач складається з терморезистора з додатним температурним коефіцієнтом опору та діодів (мал. 57, а). Термістор можна замінити лампою розжарення (бажано комутаторною:  $24 \times 10,5$  або  $48 \times 90$ ). Коли напруга на вході обмежувача менша за контактну різницю потен-



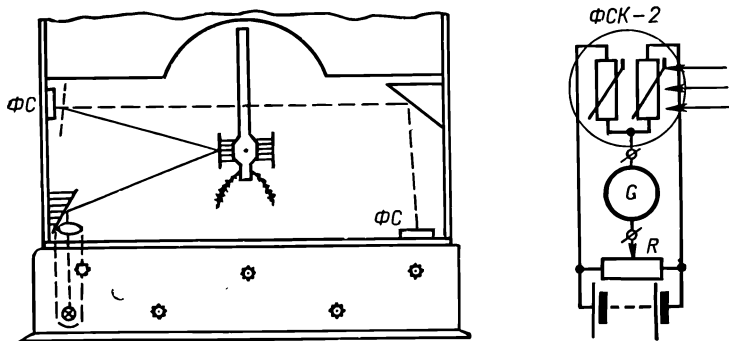
Мал. 57.

ціалів  $n$ — $p$ -переходу, то діоди мають великий опір, як прямий, так і зворотний, і практично гальванометр не шунтують. Спад напруги на терморезисторі незначний. Тип діодів вибирають залежно від допустимої напруги на гальванометрі. Наприклад, прямий опір діода Д7Б різко зменшується вже при напрузі 0,02 в, а спад напруги на ньому не перевищує 0,3—0,5 в при прямому струмі 300 ма. Діод Д226 шунтує гальванометр, коли напруга на його затискачах досягає 0,1 в.

Обмежувачі струму живлення підсилювачів краще робити на транзисторах. Підсилювачі в поєднанні з обмежувачами підсилюють слабкі сигнали в кілька десятків разів, а сильні ослаблюють приблизно в стільки ж разів. У зв'язку з цим на вхід підсилювача з обмежувачем можна подавати напругу від 0,001 в до 35—50 в. Принципову схему одного з підсилювачів з двостороннім обмежувачем струму показано на мал. 57, б.

#### § 4. Фотокомпенсаційна приставка

Приставка до низькоомного демонстраційного гальванометра ( $R_r = 2,3$  ом) допомагає вимірювати малі е. р. с. джерел з малим внутрішнім опором (термопар, проводів, що переміщуються в магнітному полі). Уявлення про її будову дає мал. 58, а. До країв котушки гальванометра, що виступають з магнітного зазору, приклеюють тонкі дзеркальця. Освітлювач, подібний до того, що використовується в оптичній шайбі, кріпиться до ящика приладу



Мал. 58.

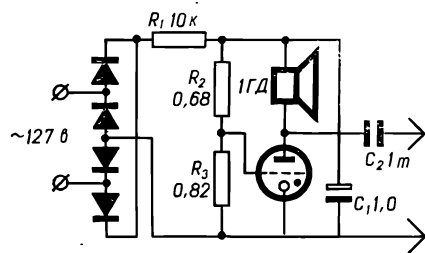
ззовні або всередині. На деякій відстані від нього всередині ящика закріплюють два фоторезистори, сполучені електрично з другим, високоомним гальванометром  $R_g = 385 \text{ ом}$  (мал. 58, б).

Світловий пучок освітлювача відбивається від дзеркала і потрапляє на фоторезистори. Рамку гальванометра за допомогою коректора встановлюють так, щоб обидва фоторезистори освітлювались однаково. Рівність фотострумів встановлюють дільником напруги. При найменших відхиленнях рамки гальванометра світловий зайчик на фоторезисторах зміститься і гальванометр покаже різницю фотострумів.

Чутливість установки значно збільшується, коли подовжити шлях світлового пучка (на мал. зображено штриховою лінією), але це ускладнить настроювання приладу. Монтування приставки пов'язане з певними технічними труднощами, але все ж таки її треба виготовити через те, що тепер фотокомпенсаційні прилади широко використовуються в техніці.

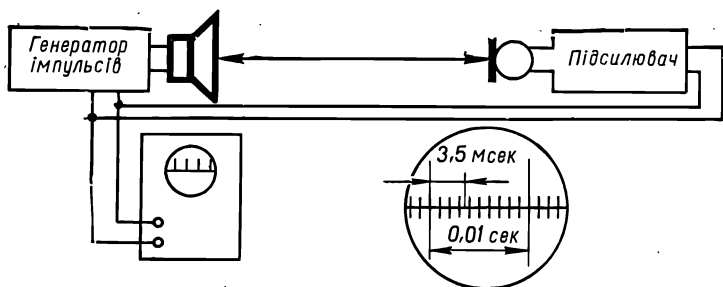
## § 5. Електронні приставки для осцилоскопів

**Електронний комутатор.** Використовується для демонстрування на екрані осцилоскопа осцилограм двох процесів одночасно, наприклад зміни напруги на котушці індуктивності і струму, що проходить через неї. Принцип дії комутатора полягає в тому, що він по черзі сполучає вхід осцилоскопа з двома різними джерелами напруги. Простий комутатор з транзисторним генератором прямокутних імпульсів — мультівібратором детально описано в літературі [21]. Якщо на вхід осцилографа подаються два слабкі сигнали, то краще використати комутатор з попередніми підсилювачами.



Мал. 59.

**Пристрої для визначення швидкості поширення звуку.** Для вимірювання швидкості поширення звуку в повітрі найзручнішим є такий метод. Звуковий генератор (метроном) (мал. 59) посилює короткий імпульс



Мал. 60.

струму до гучномовця і осцилоскопа. Збуджені гучномовцем звукові коливання приймає мікрофон. Імпульси напруги з мікрофона також подаються на той самий осцилоскоп (мал. 60). У результаті відставання імпульсу напруги, генерованого мікрофоном, на екрані видно два зубці, за відстанню між якими можна визначити час поширення звуку від гучномовця до мікрофона.

Частоту посилення імпульсів метрономом найзручніше вибрати 100 *гц*. Її легко синхронізувати з частотою змінного струму електромережі. При частоті 100 *гц* зручно вибрати масштаб часу на координатній сітці осцилоскопа. Наприклад, якщо встановити на екрані відстань між двома сусідніми імпульсами метронома 50 або 100 *мм*, то 1 *мм* шкали відповідатиме 200 або 100 *мксек* (мал. 60).

Відстань від гучномовця до мікрофона при частоті 100 *гц* не може перевищувати 3 *м*, оскільки відбитий імпульс повинен повертатись на осцилоскоп раніше, ніж буде вислано метрономом наступний.

Аналогічно вимірюється швидкість поширення електричного імпульсу в проводі, але тоді частота надходження імпульсів береться значно більшою (понад 1000 *імн/сек*), а період часової розгортки осцилоскопа — відповідно меншим. Якщо, наприклад, довжина лінії 45 *м*, то час проходження електричного імпульсу в обидва боки

$$t = \frac{90 \text{ м}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ сек.}$$

Щоб відстань між імпульсами на екрані дорівнювала 1,5 *мм*, швидкість розгортки має дорівнювати

$$v = \frac{1,5}{3 \cdot 10^{-7}} = 5 \cdot 10^8 \left( \frac{\text{см}}{\text{сек}} \right).$$

Мінімальна частота розгортки променя в трубці з екраном 120 мм

$$f = \frac{5 \cdot 10^6 \frac{\text{см}}{\text{сек}}}{12 \text{ см}} \approx 420 \text{ кгц.}$$

Таку частоту мають осцилографи з чекаючою розгорткою. Детальний опис установки для вимірювання швидкості поширення електромагнітного поля можна знайти в літературі.

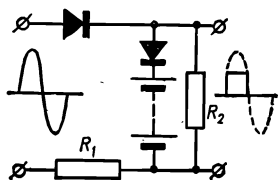
## § 6. Електронні генератори

Роль електронних генераторів у фізичному експерименті весь час зростає. В окремих дослідженнях, наприклад, звукових явищ, електронні генератори вже стали незамінними. Відомі ефектні демонстрації явищ інтерференції звуку, принципу Доплера в умовах школи не можна здійснити без електронних генераторів [26].

Генератори часто застосовують у вимірвальній техніці, зокрема для вимірювання ємностей конденсаторів, індуктивностей котушок, добротності контурів, якості ламп і транзисторів, вимірювання часу, у перетворювачах струму та напруги тощо [12, 14, 16, 37, 38].

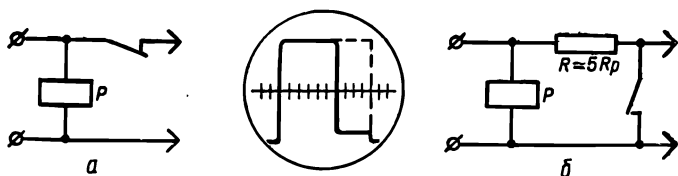
У попередньому параграфі розглянуто приклад застосування релаксаційного генератора для визначення швидкості поширення звукових коливань. Нижче наводиться приклад застосування генераторів для вимірювання тривалості окремих фізичних процесів і перетворення електричних напруг.

Генератор прямокутних імпульсів використовують як приставку до осцилографа для вимірювання часу спрацювання електромагнітних реле, для дослідження перехідних процесів у колах з ємностями та індуктивностями тощо. Роль простого генератора прямокутних імпульсів



Мал. 61.

виконує двобічний обмежувач змінної напруги (мал. 61). Максимальне значення напруги в імпульсі дорівнює е. р. с. опорної батареї гальванічних елементів або акумуляторів. Форма імпульсу тим ближча до прямокутної, чим вища змінна напруга. До обмежувача підводиться така змінна напруга,



Мал. 62.

щоб її амплітудне значення не перевищувало допустимого для вибраного діода. Резистор  $R_1$  обмежує струм діодів, його опір  $R_1 = 0,45 \frac{U}{I_0}$ , де  $I_0$  — середній струм діода.

Опір резистора  $R_2$  визначається умовами експерименту.

Для вимірювання часу спрацьовування швидкодіючих електромагнітних реле (часу, що пройде від моменту вмикання струму до моменту розмикання або замикання контактів) прилади складають, як показано на мал. 62, а, б. Параметри деталей обмежувача вибирають з урахуванням величини струму і напруги спрацьовування реле. Ширину імпульсу на екрані осцилоскопа ручками регулювання горизонтальної розгортки та горизонтального підсилення встановлюють 25, 50 або 100 мм, тоді 1 мм сітки екрана відповідатиме 0,4; 0,2; 0,1 м/сек (тривалість повного імпульсу 0,01 сек). Якщо, наприклад, від моменту подачі напруги на обмотку реле до замикання контактів пройшла 1/2 повного імпульсу (див. осцилограму на мал. 62), то час спрацьовування реле становить 0,005 сек. Аналогічно визначається час спрацьовування реле при розмиканні.

При достатньому рівні внутрішньої синхронізації осцилограма на екрані стійка і зручна для аналізу. Вимірювання можна проводити як з промисловими осцилоскопами (Е0-7, С1-1), так і з саморобними, у яких є внутрішня синхронізація та вертикальний підсилювач.

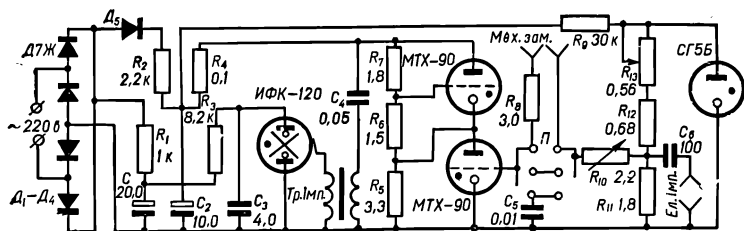
## § 7. Генератори світлових імпульсів (стробоскопи)

Методична література рекомендує використовувати для стробоскопічного освітлення генератори світлових імпульсів з дисковими обтюраторами і лампами розжарення з неоновими, люмінесцентними та імпульсними (ИФК) лампами. Найяскравіші спалахи білого світла генерують стробоскопи з імпульсними лампами, тому їм тепер надають перевагу.

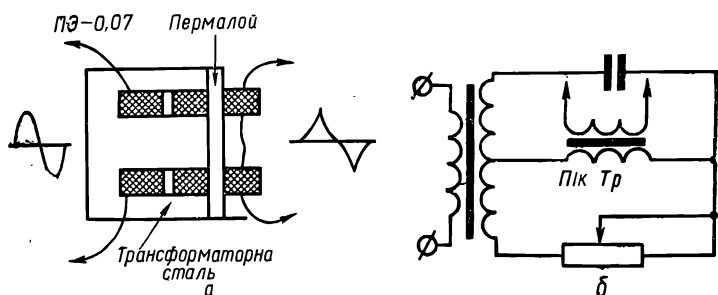


Принципову схему одного з варіантів стробоскопів показано на мал. 63. Накопичуючий конденсатор  $C_3$  заряджається через резистор  $R_3$  від випрямляча. Імпульсний трансформатор живиться енергією розряду конденсатора  $C_4$ . Діод  $D_5$  та  $R_2C_2$ -фільтр запобігають провалам напруги на резисторах  $R_{11}$ ,  $R_{12}$  при розрядах в лампі. На відміну від аналогічних стробоскопів у цьому варіанті використано два послідовно сполучені тиратрони МТХ-90. Це дає можливість підняти напругу на конденсаторі  $C_4$ , зменшивши його ємність, і на одному з тиратронів скласти релаксацийний генератор. Нормальний режим роботи тиратронів забезпечує подільник напруги, складений з резисторів  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$ . Частоту релаксацийного генератора регулює змінний резистор  $R_{10}$  у межах 10—100 *гц*. Синхроімпульси подаються на гнізда «Ел. імпульси». Напруга на резисторі  $R_{11}$  має становити близько 100 *в*, коли працює релаксацийний генератор (резистор  $R_{13}$  закорочений) і 70—80 *в* — коли стробоскоп запускається зовнішніми електричними імпульсами. Для забезпечення стабільності частоти релаксацийного генератора напруга на ділянці  $R_{11}$ ,  $R_{12}$ ,  $R_{13}$  стабілізується. Якщо немає стабілітрона, то досить стабілізувати напругу лише на резисторі  $R_{11}$  неоновую лампою ТН-0,3.

Для вибору запуску стробоскопа на ньому встановлено перемикач  $\Pi$ . При запуску механічними замиканнями контактів або електричними імпульсами з малою частотою можна паралельно до конденсатора  $C_3$  приєднати конденсатори більшої ємності, тоді спалахи будуть яскравішими. Наприклад, при 10 спалахах за 1 *сек* ємність конденсатора  $C_3$  може досягати 30 *мкф*, при одному спалаху за 10 *сек* — 1200—2000 *мкф*.



Мал. 63.



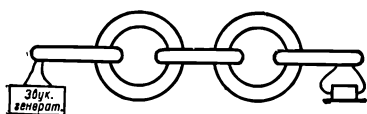
Мал. 64.

Усі деталі приладу промислового виготовлення. Імпульсний трансформатор можна виготовити самостійно. Для цього на феритовий стержень ( $l = 35$  мм,  $d = 8$  мм) намотується 1000 витків проводу ПЭШО-0,05 з тонкими паперовими прокладками між шарами. Поверх високовольтної обмотки намотується 30 витків проводу ПЭЛ-0,9. Прилад складають у прямокутному ящику. У передній кришці вмонтовано рефлектор з лампою, на задній встановлено вимикач, перемикач, ручки регулювання частоти спалахів лампи і напруги на сітці тиратрона.

Генератор світлових імпульсів допомагає вивчати механічні рухи, вимірювати швидкість обертання деталей машин, малі проміжки часу та кути зсуву фаз між струмом і напругою у колах змінного струму. Для запуску стробоскопа синусоїдальними напругою або струмом доцільно виготовити пік-трансформатор (мал. 64, а). Стальний магнітопровід складений з трансформаторної сталі Ш-12, товщина набору — 12 мм, пермалоевий — з 4—6 пластин. На мал. 64, б показано принципову схему сполучення фазозсуваючого пристрою з пік-трансформатором. За допомогою такого пристрою можна змінювати час спалаху в межах  $\pm 0,01$  сек відносно максимуму синхронізуючої синусоїдальної напруги.

## § 8. Модель для демонстрування властивостей електромагнітного поля

Модель є прикладом раціонального поєднання відомих класичних приладів з електронними пристроями. Вона складається з кількох (2—4) феритових ( $d = 4—5$  см)



Мал. 65.

і мідних ( $d = 6—10$  см) кілець, зчеплених між собою. У першому феритовому кільці змінний струм звукової частоти ( $0,5—2$  кгц) індукує магнітне поле. На останнє феритове кільце

намотується котушка ізольованого дроту, сполучена з телефоном або з підсилювачем (мал. 65). Котушки, сполучені із звуковим генератором і телефоном, мають по 200—300 витків проводу ПЭЛ-0,2—0,3. Їх краще намотати у формі кілець, подібних до мідних. Першу котушку доцільно зробити контуром звукового генератора на транзисторі. Для цього від 40-го (50-го) витка роблять вивід і складають генератор з автотрансформаторним зв'язком [26].

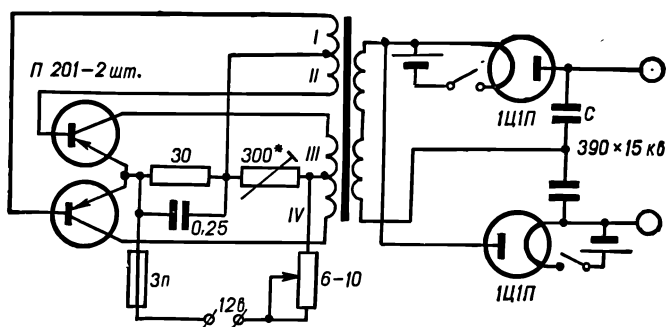
Прилад монтують на вертикальній дерев'яній або плексигласовій пластині. Феритові кільця кріплять паралельно пластині ізоляційними матеріалами або приклеюють. Мідні — перпендикулярно, продіваючи через отвори в пластині і спаюючи. Одне з мідних кілець бажано зробити роз'ємним. Це допомагає продемонструвати поширення електромагнітного поля без провідників. Інтенсивність передачі електромагнітних коливань зростає із збільшенням звукової частоти. Ця залежність особливо помітна з роз'єднаним мідним кільцем.

## § 9. Перетворювачі напруги і струму

Найчастіше в шкільній практиці використовують перетворювачі змінного струму в постійний — випрямлячі. Останнім часом у фізичний експеримент впроваджуються високовольтні перетворювачі напруги і діючі моделі інверторів.

Розглянемо для прикладу будову одного з високовольтних перетворювачів, рекомендованих для самостійного виготовлення у методичній літературі — трансфертера. Трансфертери-перетворювачі напруги на транзисторах і феритових трансформаторах широко застосовують у сучасній техніці малих потужностей.

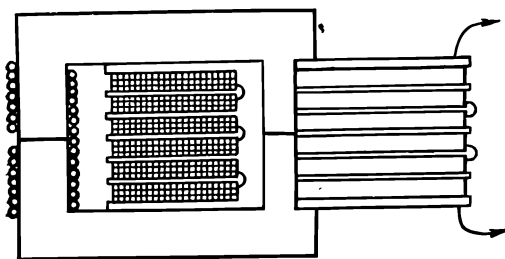
Схему приладу показано на мал. 66. Генератор звукової частоти складено з двох транзисторів П201, трансформатора і подільника напруги  $R_1, R_2$ . Трансформатор намотують на феритовий сердечник від вихідного трансформатора



Мал. 66.

генератора рядкової розгортки телевізора. Обмотки колектора III і IV мають по 8—10 витків проводу ПЭЛ-1,0, обмотки бази — по 2—3 витки проводу ПЭЛ-0,3. Три витки базової обмотки береться при малому підсиленні транзисторів. Якщо коефіцієнти підсилення транзисторів помітно різняться, то в базове коло транзистора з більшим підсиленням треба поставити резистор ( $\approx 20$  ом) і підібрати його опір так, щоб колекторні струми були рівні між собою. Підстроювальним резистором  $R_2$  підбирають струм бази, при якому генератор працює найкраще. Дротяним резистором  $R_3$  регулюють струм колекторів, від якого залежить напруга на виході. Генератор живиться від акумуляторної батареї або від 8 елементів («Сатурн»). Додаткові тепловідводи транзисторів мають площу поверхні близько  $30 \text{ см}^2$ .

Найважливішою деталлю трансформатора є секціонова вторинна котушка трансформатора із загальною кіль-

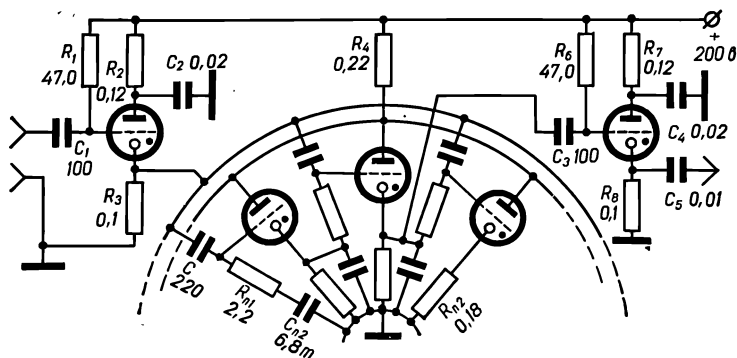


Мал. 67.

кістю витків понад 20000. Її зручніше намотувати на ребристому каркасі з оргскла проводом ПЭЛШО-0,1 ÷ 0,08. Сусідні секції намотують у протилежних напрямках і сполучають між собою, як показано на мал. 67. Секцій може бути 8—10. Нитки розжарення кенотронів живляться від елементів батареї КБС або «Сатурн». Кола розжарення мають бути добре ізольовані одне від одного. Прилад монтується у прямокутному ящику, зверху якого, на відстані 20—25 см один від одного, встановлюють гнізда для електричних султанів [26].

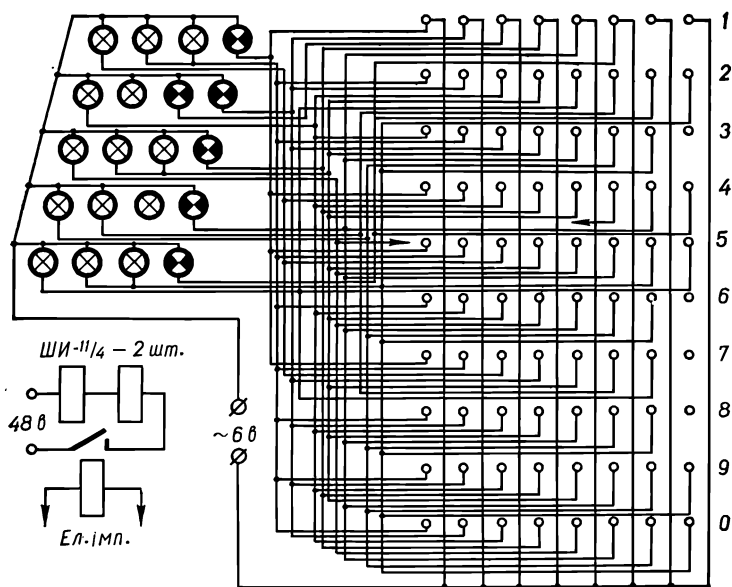
## § 10. Прилади і пристрої для вимірювання часу

Електронні метрономи і секундоміри із зарядними (розрядними)  $RC$ -ланками прості за конструкцією, але не забезпечують високої точності і не відображають сучасних методів точного вимірювання часу. На заняттях гуртка старшокласників треба виготовити хоч найпростіший секундомір-суматор імпульсів стандартної частоти. У методичній літературі подано схеми кількох лічильників: на тригерах, декатронах і декадних лічильних кільцях. Лічильники на тригерах являють значний інтерес як елементи електронних лічильно-розв'язувальних машин, але вони малопридатні для урочних демонстрацій, оскільки результат вимірювання треба щоразу розшифровувати. Зручні лічильники на декатронах, їх у невеликій кількості випускає «Головучтехпром».



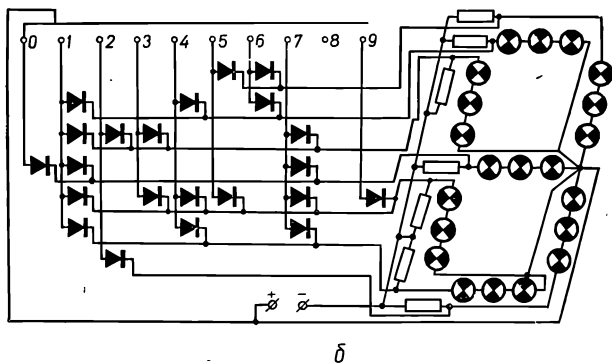
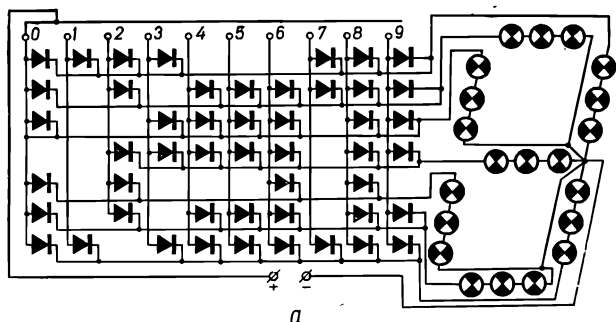
Мал. 68.

Більшу демонстраційність (видимість) забезпечують лічильники на тиратронах, сполучених в декадні кільця [11]. Вони доступні для виготовлення учнями під керівництвом кваліфікованого вчителя. Головну частину лічильника показано на мал. 68. Імпульси електричної напруги подаються на формувач, який вирівнює їх за амплітудою та тривалістю і подає на спільні електроди лічильного кільця. Нульовий тиратрон кільця засвічується, як тільки на аноди подається напруга (за нульовий тиратрон обирається той, що «засвічується» при подачі напруги на кільце). Потенціал сітки наступного (першого) тиратрона вищий за потенціали всіх інших сіток. Він дорівнює спаду напруги на катодному резисторі попереднього (нульового) тиратрона. Зрозуміло, що при подачі однакового імпульсу на всі сітки засвітиться тільки перший тиратрон. У момент засвічування першого тиратрона нульовий погасне, бо напруга на аноді різко знижується (спадає на резисторі  $R_4$ ), а потенціал його сітки близький до потенціалу катода. Таке саме явище спостерігається при подачі кожного наступного імпульсу: засвічується тиратрон, який йде за тим, в якому відбувається розряд.



Мал. 69.

Десятий імпульс знову «засвічує» нульовий тиратрон. У момент початку розряду в останньому вмикається наступний формувач імпульсів, який «засвічує» перший тиратрон другого кільця або приводить у дію електромеханічний лічильник чи цифровий індикатор. Щоб декадний лічильник працював чіткіше, тиратрони попередньо тре-



Мал. 70.

нують, напруга живлення стабілізується. Лічильниками імпульсів з відповідними перетворювачами можна вимірювати багато різних фізичних величин [26].

Найперспективніший і найзручніший для фізичних експериментів лічильник, у якого соті частки секунди висвічуються тиратронами на декадному кільці, а десятки частки в цілі секунди — на світловому табло. Оскільки промислових цифрових індикаторів великих розмірів ще немає, ентузіасти виготовляють їх самостійно.

Цифровий індикатор на низьковольтних лампах розжарювання складається з кількох десятків ламп, які засвічуються в певних комбінаціях (мал. 69). Лампи вмикаються з допомогою двох спарених крокових реле ШИ-11 або декадного перемикача і системи 8—10-ти контактних реле (10 штук).

Лампи можна сполучити в сім груп і розмістити їх у комірках з прорізами, закритими матовим прозорим матеріалом. Потрібну групу ламп засвічують декадним перемикачем і діодним розподільником (мал. 70, а). Простіший, але менш економічний, цифровий індикатор, схему якого показано на мал. 70, б. У ньому світяться всі елементи цифр, за винятком зашунтованих діодами. Оскільки зашунтованих елементів, що не світяться, менше, то для другого варіанта потрібно менше діодів.

## § 11. Допоміжні пристрої для позакласних занять

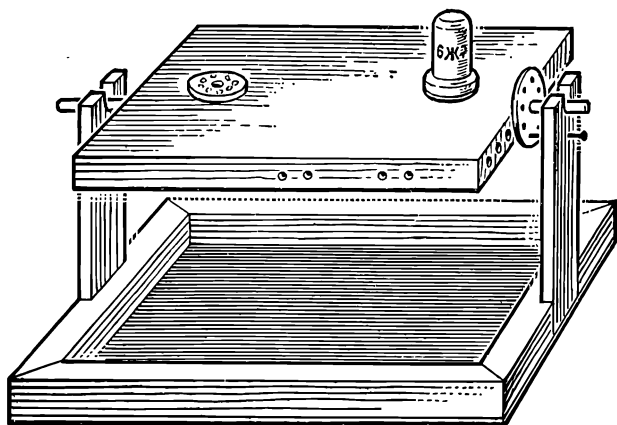
Допоміжні пристрої на позакласних заняттях бувають різної складності і виконують найрізноманітніші функції. Спинимось лише на тих, що допомагають вивчати, перевіряти і досліджувати електронні прилади.

Такі пристрої доцільно монтувати в дерев'яних рамках, розміром не менше від 30—40 см<sup>2</sup>, на фанері, вкритій білою жерстю. Трансформатори, електролітичні конденсатори, змінні резистори, гнізда і затискачі прикріплюють до панелі нерухомо, «назавжди». Всі дрібніші деталі припаюють до контактних планок, закріплених на ізоляційних пластинках. Розміщуються деталі на панелі так, щоб найлегше було простежити електричні кола (щоб було найменше перехрещених проводів).

Основна цінність панелей у тому, що кожен деталь пристрою легко замінити іншою і перевірити, як це впливає на роботу вузла. З панелей-вузлів можна скласти агрегати-прилади. Так, наприклад, радіоприймач прямого підсилення 0—V—2 [21] складається з трьох панелей: сіткового детектора, підсилювача напруги і підсилювача потужності.

Панелі на пластмасових пластинах зручніші для транзисторних приладів, вони займають порівняно мало місця. Електричні з'єднання виконуються різноколірними проводами. Деталі, які підлягають заміні або вилученню





Мал. 71.

під час демонстрації, монтують на вилках, подібних до штепсельних, але менших за розміром.

Іноді дуже зручно користуватися поворотним шасі (мал. 71), оскільки, випробовуючи електронні пристрої, їх доводиться часто перевертати. Деталі, як і на панелях, припаюють до контактів на ізоляційних пластинках. Коли вдається найраціональніше розмістити деталі конструйованого пристрою на шасі, позбутися паразитних зв'язків, їх у такому самому порядку монтують на їх постійному місці. На шасі вигідно скласти також прилади для тимчасового користування.

Для унаочнення занять з радіоелектроніки виготовляють діючі панелі таких пристроїв: випрямлячів, підсилювачів напруги і потужності, підсилювачів високої частоти, гетеродинів, змішувачів, резонансних підсилювачів, генераторів звукової частоти, генераторів ультракоротких хвиль, приймачів ультракоротких хвиль. Їх принципові та монтажні схеми можна знайти в літературі. На мал. 72, як приклад, показано оформлення навчальної панелі для дослідження електронної лампи.

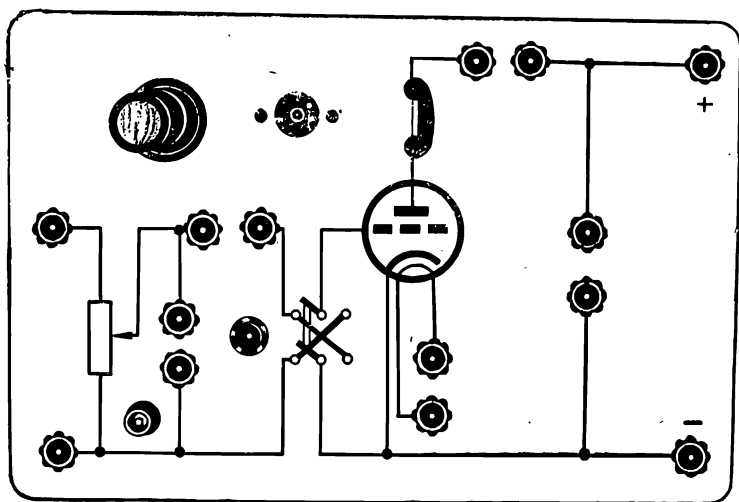
Діючі панелі використовують і для складання та розв'язування технічних задач та встановлення діагнозів. Наприклад, ставиться запитання, як вплине на роботу підсилювача заміна сіткового резистора або резистора навантаження лампи на резистор з більшим або меншим

опором. Відповідь учнів можна зразу ж перевірити, відповідно замінивши деталі. Ще приклад. У підсилювачі потужності ставиться катодний резистор, опір якого значно більший за розрахований. Учні повинні відповісти на запитання: «Чому підсилення слабке, хоча лампа і трансформатор цілком справні?» Якщо діагноз встановлено правильно, учні зразу ж можуть переконатися у правильності своєї відповіді.

Панелі зручні для детального вивчення окремих вузлів. Маючи осцилоскоп, звуковий генератор, високоомний вольтметр, можна проаналізувати роботу будь-якої ланки пристрою, дослідити вплив на його роботу зміни параметрів кожного елемента.

Виготовлення діючих стендів — робота громіздка. Тому практикують розподіл праці. Майже всі столярні і слюсарні роботи виконують в майстернях під час занять з праці. Гуртківці виконують більш творчу роботу — вони монтують панелі, налаштовують та оформлюють прилади.

Гуртківці-старшокласники виготовляють наочні посібники для всіх предметних гуртків. Вони виготовляють допоміжні пристрої для занять з хімії (випрямлячі для електролізу, високовольтні перетворювачі для синтезу



Мал. 72.

азотистих сполук, для електрофільтрів, електрифіковані моделі, концентратоміри, вимірники кислотності, газоаналізатори); математики (ілюміновані графіки, діючі моделі цифрових та аналогових лічильно-розв'язувальних машин); біології (пристрої для фотографування повільних процесів, аналізатори деяких біологічних, зокрема, рефлексорних процесів, підсилювачі біопотенціалів); географії (дистанційні вимірники швидкості та напрямку вітру, кількості опадів, температури повітря, ґрунтів тощо).

## ЕЛЕКТРОНІКА В АВТОМАТИЦІ І ТЕЛЕМЕХАНІЦІ

Багато, щоб у середніх школах були окремі гуртки автоматики і телемеханіки [1]. Якщо ж їх немає, то найважливіші вузли автоматичних систем конструюють і виготовляють на заняттях гуртків електрорадіотехнічного профілю.

Гуртківці можуть виготовляти: а) датчики і задатчики як електронні, так і електричні, оптичні та інші, що працюють у сукупності з електронними підсилювачами та реле; б) найпростіші системи автоматичного контролю, захисту та регулювання; в) телемеханічні лінії та експлуатування їх.

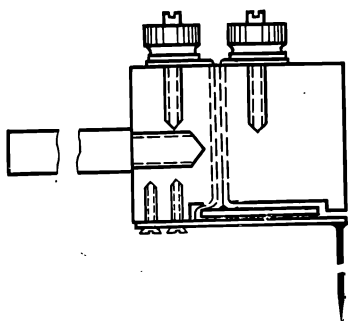
### § 1. Датчики і задатчики

Датчики або пристрої, чутливі елементи яких сприймають інформацію про величину вимірюваних параметрів і перетворюють її на сигнал, зручний для передачі на відстань, тепер широко використовуються не тільки в автоматичній, а й у фізичному експерименті [6, 24, 32, 37]. Дія реостатних датчиків найбільш зрозуміла учням. З найпопулярнішими серед них — термо- і фоторезисторами вони ознайомлюються у гуртку для 6—8-х класів. Старшокласники за допомогою фоторезисторів вивчають інфрачервоні промені, вимірюють прозорість розчинів, запиленість повітря. Термопарою оцінюють силу удару, виконану механічну роботу. Терморезистори використовують і як датчики температури, і як датчики теплової радіації.

Окремі технічні датчики легко пристосувати для вивчення багатьох фізичних явищ. Наприклад, п'єзокварцеві (сегнетоелектричні) датчики можна використати для дослідження механічних вібрацій і змінного магнітного поля.

П'єзокристал від програвача приклеюють до пружної бронзової або сталевий пластинки, один кінець якої нерухомо з'єднаний з ручкою приладу, а до другого припаяно намагнічену голку (мал. 73). Електроди кристала сполучають з осцилоскопом і підсилювачем. Для дослідження вібрацій прилад кріплять на штативі так, щоб голка торкалася досліджуваного предмета.

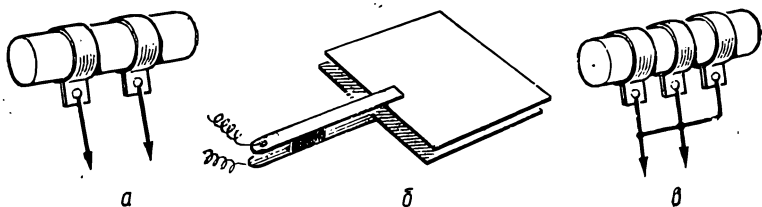
Частоту, форму й амплітуду вібрацій вивчають за зображенням на екрані осцилоскопа. Голка, внесена в змінне магнітне поле, коливається з частотою 50 *гц*, амплітуда коливань пропорційна індукції магнітного поля. За звуком у гучномовці або за осцилограмою можна знаходити еквіпотенціальні лінії і поверхні змінного магнітного поля.



Мал. 73.

Датчик використовують для дослідження вібрацій фундаментів верстатів, корпусів машин, коливання предметів під впливом звукових хвиль і для дослідження змінного магнітного поля котушок індуктивності і прямих проводів з великими струмами. Сполучений з електронним реле, він стає елементом автоматичної системи, яка вмикає (вимикає) виконавчі механізми, що знешкоджують небезпечні вібрації або вимикають двигуни.

Самостійно сконструйовані і виготовлені перетворювачі, як правило, малопридатні як вимірюючі інструменти, але вони допомагають вивчити окремі фізичні явища або принцип дії відповідних технічних приладів. Наприклад, реостатними давачами температури понад 100° С можуть



Мал. 74.

бути скляні трубки з електродами-тримачами, понад  $1000^{\circ}\text{C}$  — дві плоско-паралельні пластини, розміщені на відстані 2—5 мм між собою (мал. 74, а, б). Вони не мають широкого застосування в техніці, але перший переконливо демонструє іонну провідність скла при підвищенні температури, а другий — іонну провідність полум'я або повітря при високій температурі. Провідність обох датчиків невелика, тому до них потрібні електронні підсилювачі.

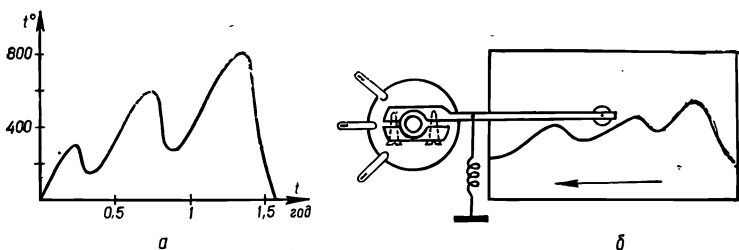
Момент появи роси при зниженні температури переконливо й ефектно фіксує датчик точки роси — трубка або стержень із скла, довжиною 2—3 см, діаметром 3—6 мм, з приєднаними електродами (мал. 74, в). Якщо температура трубки (стержня) дорівнює точці роси або нижча від неї, на ній утворюється непомітна для ока мікроплівка вологи, яка різко збільшує поверхневу провідність. Електронні реле або генератори фіксують цю зміну і сигналізують про момент утворення роси. Датчик використовується для виявлення водяної пари маловипаровуючими поверхнями, наприклад, над тілом людини або тварини, в потоці видихнутого повітря і т. д.

Доступні для самостійного виготовлення і реостатні датчики з ковзними контактами. Рухомі контакти з'єднуються із стрілками вимірювальних приладів. Струмопровідні смужки кріпляться до шкал або наносяться на них відповідною фарбою. При малих (1 см) переміщеннях стрілки можна використати провідний шар змінного резистора ВК. Ковзними контактами до приладів з великими обертальними моментами (манометрів Бурдона, динамометрів, самопишучих приладів) служать тонкі бронзові або сталеві стрічки, краще посріблені (куски спіральної пружини від електровимірювальних приладів). Виготовлення датчиків до малопотужних приладів (електровимірювальних) значно ускладнюється. Для них треба мати пристрій, який притискував би контакт до струмопровідної смужки тільки в момент вимірювання. Опір струмопровідної смужки визначається типом підсилювача. Датчик, ввімкнений безпосередньо в коло гальванометра, має опір сотні ом, датчик до транзисторного підсилювача — десятки кілоом, до лампового підсилювача — сотні кілоом — мегоми.

Реле з реостатними датчиками регулюють тиск, температуру, вологість, силу звуку та інші величини, дія яких пов'язана з механічним переміщенням.

Задатчики як частини електричних регуляторів, за допомогою яких встановлюють потрібну величину регульованого параметра, переважно мають такий самий принцип дії, як і датчики. В аматорській практиці як задатчики використовують змінні резистори, змінні конденсатори або котушки індуктивності. Наприклад, задатчиками до всіх реостатних датчиків, включаючи термо- і фоторезистори, у мостових схемах є змінні резистори з опорами, що дорівнюють максимальним опорам датчиків.

Значно складнішу будову мають задатчики, що використовуються для регулювання фізичних величин за певним



Мал. 75.

законом. Наприклад, якщо треба регулювати температуру в печі за якимось графіком (мал. 75, а), то опір задатчика має змінюватися за аналогічним законом. Це, зокрема, можна здійснити за допомогою змінного резистора, опір якого регулюється годинниковим механізмом і шаблоном відповідної форми, намотаним на барабан самописних приладів (термографа) (мал. 75, б).

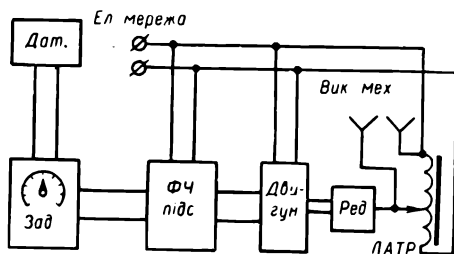
## § 2. Автоматичні регулятори

Регуляторами підтримують сталі параметри фізичних величин або змінюють їх за заданою програмою. Разом з тим регулятори можуть виконувати функції захисту обслуговуючого персоналу та устаткування, якщо їх обладнати відповідними пристроями. Вони включають датчики і задатчики, органи порівняння, підсилювачі та виконавчі механізми.

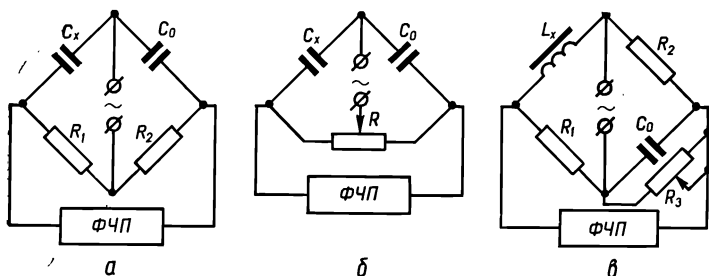
Органами порівняння в аматорських конструкціях найчастіше є електричні містки і потенціометри. Підсилювачі автоматичних систем принципово не відрізняються

від тих, що застосовуються в інших електронних апаратах. Елементи вхідних кіл підсилювачів визначаються параметрами датчиків. Вихідна потужність має бути достатньою для роботи виконавчих механізмів (електромеханічних реле, мікродвигунів, самописців).

**Універсальні регулятори з фазочутливими підсилювачами.** Регулятори з містками постійного струму й електрон-



Мал. 76.



Мал. 77.

ними підсилювачами придатні для регулювання фізичних величин лише в поєднанні з реостатними датчиками. Це обмежує область їх застосування. Регулятори з містками змінного струму і фазочутливими підсилювачами універсальні. Вони працюють як з реостатними датчиками, так і з індуктивними та ємнісними. Структурну схему регулятора показано на мал. 76.

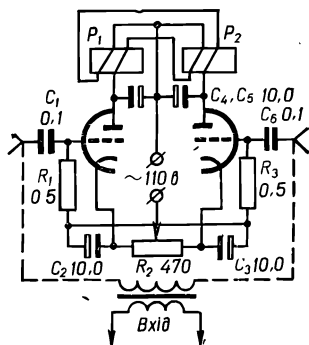
Місток змінного струму можна скласти за кількома варіантами (мал. 77, а, б, в), кожний з яких включає вимірювальний орган — датчик і пристрій, що задає значення регульованої величини — задатчик. З ємнісними та індук-

тивними задатчиками використовуються змінні резистори для компенсації фазових зсувів у датчиках. Місток виконує роль нуль-органу — пристрою, що порівнює виміряне і задане значення регульованої величини та подає сигнал розбалансування.

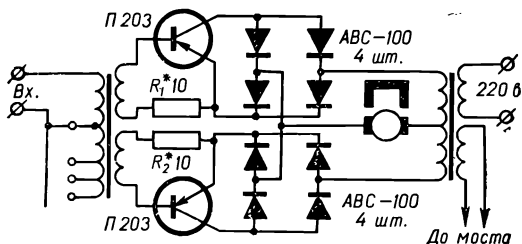
Містки монтують у корпусі підсилювача або окремим вузлом. Напруга на місток подається від трансформатора підсилювача. Напруга розбалансування містка передається на фазочутливий підсилювач.

Прості фазочутливі підсилювачі складають на подвійних тріодах (мал. 78) і транзисторах (мал. 79). Напруга розбалансування містка підводиться до керуючих сіток ламп (емітерів транзисторів) у протилежних фазах безпосередньо або через входні трансформатори. У результаті дії напруги розбалансування анодний (колекторний) струм одного тріода зростає, а другого спадає, при цьому спрацьовує одне з реле. При зміні фази напруги на  $180^\circ$  спадає друге реле. Підсилювачі працюють краще з двообмотковими реле. Магнітні потоки обмоток повинні бути взаємно протилежні і не однакові за величиною, щоб якір реле притягався при невеликих змінах анодного струму.

Вхідні (узгоджуючі) трансформатори ставляться до низькоомних містків. Їх первинні обмотки розраховуються на напругу розбалансування містків. Вторинні — на напруги входів підсилювачів. Для збільшення чутливості

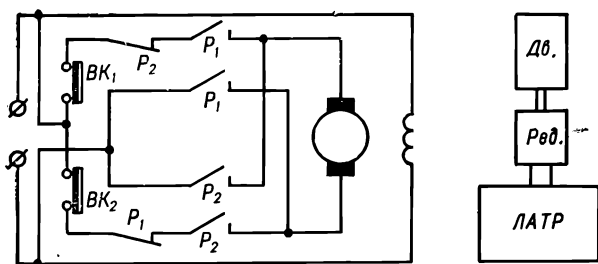


Мал. 78.



Мал. 79.





Мал. 80.

реле напругу розбалансування підсилюють попередніми підсилювачами.

Виконавчі органи — пристрої, за допомогою яких регулятор впливає на процес, вибирають відповідно до об'єкта регулювання. Як правило, виконавчі органи діють так, що впливи двох з них взаємопротилежні. Якщо, наприклад, регулятор підтримує температуру в заданому інтервалі, то при зниженні її одне з реле вмикає додатковий нагрівник, при підвищенні — друге реле вмикає холодильник.

Універсальним регулятором напруги на виконавчих механізмах може бути лабораторний автотрансформатор, керований мікродвигуном з редуктором. Двигун вмикається через контакти реле (мал. 80). Переміщення повзунка автотрансформатора обмежується кінцевими вимикачами (ВК).

Порядок демонстрування такий: підсилювач сполучають з містком і виконавчими механізмами. Датчик поміщають у контрольоване середовище. Регулюючий орган діє безпосередньо на середовище і датчик. На шкалі задатчика встановлюють задане значення параметра. Виконавчий механізм відповідно впливає на об'єкт доти, доки регульований параметр не досягне граничного значення. Наприклад, на задатчику встановлюється освітленість 50 люкс. Якщо освітленість контрольованого місця менша, то ввімкнеться додаткова лампа або підвищиться напруга на лампі місцевого освітлення, щоб освітленість досягла заданої норми. Зрозуміло, що межі регулювання встановлюються, виходячи з конкретних умов. Коли, наприклад, лампа при максимальній напрузі не може дати потрібну освітленість, її не можна задавати.

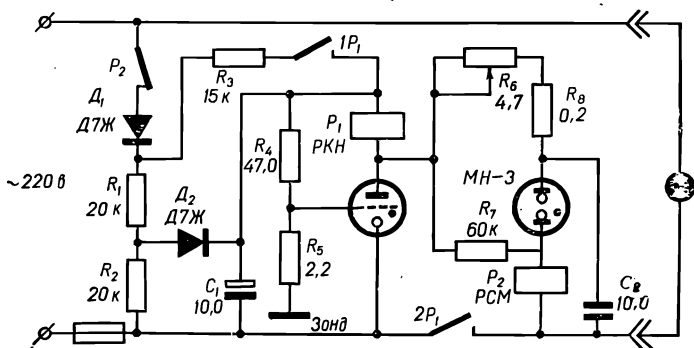
Нижче перелічено досліди, які ставляться з автоматичними регуляторами і датчиками.

Регулятор підтримує на заданому рівні: 1) температуру (датчик — терморезистор); 2) освітленість (датчик — фоторезистор); 3) тиск (датчик — демонстраційний манометр Бурдона з ковзним контактом на шкалі); 4) швидкість повітряного потоку (датчик — залізна дротина, нитка лампи розжарення, що обдувається повітрям); 5) концентрацію розчинів електролітів (датчик — вугільні електроди, занурені в електроліт); 6) рівень рідини (датчик — поплавок, зв'язаний з повзунком реостата, індуктивний або ємнісний — для малих змін рівня рідини); 7) вологість сипучих матеріалів (датчик — циліндричний або плоский конденсатор); 8) лінійні розміри (датчик — реостати, дросель з рухомим ярмом); 9) кут повороту (датчик — змінний резистор).

Для кожного з дослідів потрібний відповідний регулюючий (виконавчий) орган.

### § 3. Автомат для економії електроенергії та для фотодрукуння

Автомат, зображений на мал. 81, використовують для економії електроенергії у приміщеннях, де доводиться часто вмикати і вимикати світло, його можна застосувати також і у фотодрукуванні. Принцип його дії такий. У початковому положенні конденсатор  $C_1$  заряджається до напруги, на кілька вольт нижчої від напруги засвічування тиратрона МТХ-90. Якщо торкнутися зонда рукою, струм



Мал. 81.

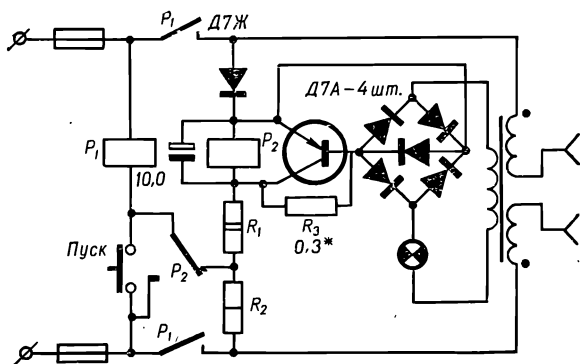
сітки зростає до величини, достатньої для засвічення тиратрона. Реле  $P_1$  спрацьовує і самоблокується через контакт  $1P_1$ . Одночасно замикається контакт  $2P_1$ , вмикаються лампа і реле часу на неоновій лампі. Через встановлений резистором  $R_6$  час спрацьовує реле часу — розмикається контакт  $P_2$  і автомат повертається у вихідне положення.

Розраховуючи деталі автомата, виходять з таких міркувань: напруга на конденсаторі  $C_1$  дільника напруги  $R_1R_2$  не повинна перевищувати напруги засвічування тиратрона МТХ-90 ( $\approx 150$  в). Якщо електромагнітне реле  $P_1$  (РКН) не самоблокується, то опори резисторів  $R_1 = 6,5$  ком,  $R_2 = 13$  ком. (Резистор  $R_3$  відсутній). При наявності самоблокування опори резисторів  $R_1$  та  $R_2$  вибирають більшими — по 30—50 ком кожний. Опір резистора  $R_3$  вибирають так, щоб якір реле лишався притягнутим після замикання контакту  $1P_1$ . Енергія заряду конденсатора  $C_1$  має бути достатньою для спрацьовування реле  $P_1$ . Опір резистора  $R_4$  беруть досить великим, щоб струм, що проходить через нього, і проміжок сітка—катод був меншим за струм засвічування тиратрона. Резистор  $R_5$  захищає від уражень електричним струмом. Напруга на реле часу знімається безпосередньо з тиратрона. Це забезпечує стабільність роботи реле часу при коливаннях напруги електромережі.

Автомат використовують так: а) зонд сполучають з рукою дверей, поручнем східців або іншим металевим предметом. Коли до цього предмета торкнутися рукою, лампа засвітиться, а потім через встановлений час погасне; б) зонд сполучають з оправою світлофільтра фотозбільшувача. Коли світлофільтр відводять, лампа ліхтаря автоматично вмикається і через встановлений час вимикається; в) автомат легко перетворити в термо- або фотореле і керувати ним на відстані. Для цього досить на місце резистора  $R_4$  поставити термо- чи фоторезистори, сітку тиратрона сполучити з катодом через постійний резистор, опір якого приблизно дорівнює  $8/7$  темного опору фоторезистора (холодного опору терморезистора).

#### § 4. Автомати захисту від травматизму

У технічній літературі для юнацтва багато уваги приділяється різноманітним фотоелектронним автоматам захисту. Як не дивно, автоматам захисту від уражень



Мал. 82.

електричним струмом відведено менше місця, хоча вони чи не найбільш необхідні у шкільних лабораторіях.

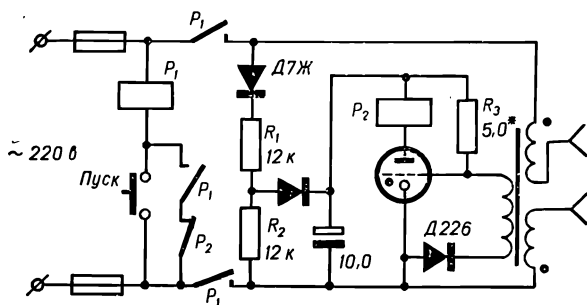
Розглянемо будову автомата, що запобігає травматизму при дотику людини до лінійного проводу освітлювальної мережі. Автомат складається з трансформатора струму, електронного та пускового реле (мал. 82). Трансформатор струму має дві однакові первинні обмотки та одну вторинну. Через первинні обмотки проходить струм від електромережі. Їх магнітні потоки рівні між собою за величиною і протилежні за напрямком, тому загальний магнітний потік дорівнює нулю. Зважаючи на це, сердечник для трансформатора треба вибирати малого поперечного перерізу, але з великим вікном.

При порушенні рівності магнітних потоків, тобто коли струм з лінійного проводу витікає на «землю», у вторинній обмотці індукуються змінна напруга, яка через обмежувач і випрямляч подається на електронне реле. Реле розмикає коло оперативного струму пускового реле (МКУ-48), а останнє вимикає електромережу. У вихідне положення автомат повертається натискуванням кнопки «Пуск».

Опори резисторів  $R_1$  та  $R_2$  розраховують так, щоб якір реле  $P_2$  притягнувся, коли натиснути кнопку «Пуск», і не відпускався, коли її відпустити. Якщо струм притягання якоря реле  $I_{пр}$ , а струм відпускання  $I_{в}$ , то:

$$R_1 = \frac{0,5U}{I_{пр}} - R_{p_2}; \quad R_2 = \frac{0,5U}{I_{в}} - R_1 - R_{p_2},$$

де  $U$  — напруга електромережі,  $R_{p_2}$  — опір обмотки реле.



Мал. 83.

Обмежувач струму складається з комутаторної лампи розжарювання ( $48 \times 90$ ) і кремнієвого діода (Д226), ввімкненого в діагональ випрямляючого містка. Вторинна обмотка трансформатора намотується проводом ПЭ-0.1. Коефіцієнт трансформації становить близько одиниці. Кількість витків первинних котушок може бути довільною, але чим більше їх, тим вища чутливість автомата. Діаметр проводу первинної котушки обчислюють за формулою розрахунку трансформатора:  $d \text{ мм} = 1,12 \sqrt{I_a / \Delta}$ , де  $\Delta$  ( $2 \div 3$ )  $\frac{a}{\text{мм}^2}$ .

Автомат можна використати для перевірки якості ізоляції — він вимикає електричний прилад, в якого опір ізоляції між лінійними проводом і землею менший за 2,5 Мом.

Чутливіший автомат з електронним реле на тиратроні МТХ-90 (мал. 83). Коли струм витікає на землю, у вторинній обмотці трансформатора індукуються напруга 5—10 в, яка засвічує тиратрон. Нормально замкнуті контакти реле  $P_2$  розривають коло оперативного струму пускового реле (МКУ-48).

Вторинна котушка трансформатора має 2—3 тисячі витків проводу ПЭ-0,07 + 0,05. Первинні обмотки такі самі, як у попередньому автоматі. Опір резистора  $R_3$  підбирають таким, щоб струм підготовки був близьким до струму засвічування. Подільник напруги складається з двох однакових резисторів  $R_1$ ,  $R_2$ . Діод  $D_2$  запобігає розряду конденсатора через резистор  $R_2$ .

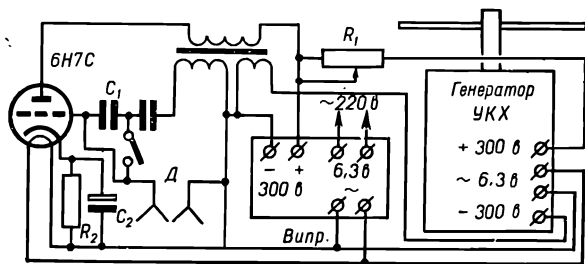
## § 5. Телемеханічні вимірювання

Найбільший інтерес гуртківці проявляють до телемеханічних вимірювань з передачею інформації по радіо.

Розглянемо один з можливих способів телевимірювання температури, освітленості, тиску, іонізуючого випромінювання, який ілюструє передачу інформації із супутників Землі. У дослідах використовується типове обладнання кабінетів фізики з деякими доповненнями.

Передавання і приймання сигналів здійснюється з допомогою демонстраційного генератора УКХ. Роль модулятора виконує звуковий генератор, один з елементів якого — датчик реагує на певні фізичні дії (змінює свою провідність або ємність під впливом тепла, світла, механічних переміщень тощо). Зміни параметрів елементів генератора спричиняють відповідні зміни частоти звукових коливань, якими модулюють високочастотні коливання генератора УКХ. Останній випромінює радіохвилі, які приймає детекторний приймач з підсилювачем низької частоти. Індикатором може бути демонстраційний гальванометр, гучномовець або осцилоскоп. Гальванометр сполучається з виходом підсилювача через конденсатор, у зв'язку з чим відхилення стрілки пропорціональне частоті електричних коливань сталої амплітуди. Шкалу градуюють в одиницях вимірюваної величини. Зміну вимірюваної величини можна оцінювати також за тоном звучання гучномовця.

Генератор-модулятор може бути ламповий (мал. 84) або транзисторний. Модулятором може бути і шкільний демонстраційний підсилювач. Для цього вторинну обмотку вихідного трансформатора сполучають через конденсатор із сіткою вихідної лампи і катодом, а замість резистора



Мал. 84.

сітки приєднують датчик. Величина ємності конденсатора  $C_1$  залежить від опору датчиків. Вона повинна бути такою, щоб генерована частота при зміні їх опору змінювалася в інтервалі 150—3000 *гц*. Для датчиків з опором 5—10 *Мом* — 3000—5000 *пф*, для низькоомних — 0,25 — 0,5 *мкф*.

Генератор добре працює як з реостатними, так і з ємнісними датчиками, але перші значно простіші, тому їм надається перевага. Датчиками температури до 120° С служать терморезистори (110 *ком*), освітленості — фоторезистори (ФСК-1), тиску газу — манометр Бурдона з ковзним контактом (§ 1), механічних переміщень — вугільні тензометри. Відхилення атмосферного тиску від норми чітко фіксує бароскоп з контактами в манометрі (мал. 39, б). Інтенсивність радіоактивного випромінювання реєструє демонстраційний індикатор іонізуючих випромінювань. Затискачі «До підсилювача» приєднуються замість датчика. Про частоту і глибину дихання можна судити за розтягом нагрудного пояса, зробленого з нерозтяжної стрічки і гумової трубки. Трубку довжиною близько 20 *см* і з внутрішнім діаметром 4—5 *мм* заповнюють крупним вугільним порошком. Отвори трубки закривають товстим алюмінієвим дротом, який служить одночасно контактним електродом (мал. 39, а). Для виявлення вологості повітря використовується стержень з ізолятора (скла, фарфору) з прикріпленими до нього дужками-електродами (мал. 74, в). Якщо приєднати електроди до модулятора і помістити стержень над долонею, то висота звуку помітно підвищується. Частота різко зростає, коли на стержень дихнути.

Передавальна установка (мал. 84) живиться від шкільного випрямляча. Реостат *R* обмежує анодний струм ламп. Приймаючий пристрій краще зробити з транзисторним підсилювачем, який не мав би зв'язку з електромережею.

Досліди з телемеханічними вимірюваннями показують переважно на вечорах фізики і техніки. Окремі з них доцільно продемонструвати для ілюстрації радіомовного тракту та дії датчиків на уроках фізики.

## ЕЛЕКТРОНІКА В НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Популяризуючи електроніку в лекціях, доповідях і повідомленнях, через шкільний радіовузол, треба показати учням, що завдяки електронній техніці створились умови

для широкого застосування електроенергії— для суцільної електрифікації всіх процесів виробництва, яка привела до принципових змін у його технології. Електрика в союзі з електронікою дала змогу по-новому обробляти матеріали (іскрова, ультразвукова, ерозійна, термічна обробка надтвердих, крихких та інших матеріалів), плавити і зварювати надчисті метали у вакуумі, пастеризувати харчові продукти і прискорювати до колосальних швидкостей протони, надійно стоїть на сторожі здоров'я людей, зміцнює обороноздатність Радянської Армії, забезпечує зв'язок космонавтів із Землею тощо [9, 13, 14, 22].

Електроніка дала механізмам «органи чуття»,— «навчила» їх виконувати волю людини. Електронна апаратура забезпечує оперативний контроль перебігу багатьох процесів виробництва, окремі з яких без швидкодіючих електронних автоматичних регуляторів нездійсненні взагалі.

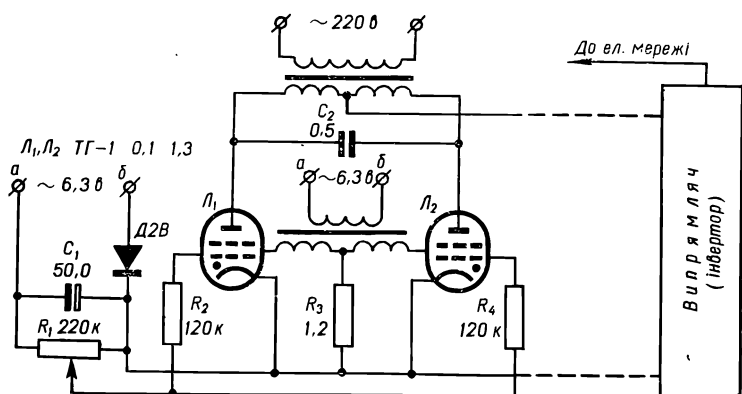
Електронна техніка допомагає використовувати нові види енергії. Без електронних приладів колосальні запаси енергії, заховані в надрах атомних ядер та розсіяванні Сонцем у космічний простір, лишилися б недосяжними для людини. Лише точні і досконалі електронні апарати здатні керувати роботою ядерного реактора або космічної електростанції. Надпотужні прискорювачі допомагають розгадати таємниці природи і наближають час, коли на службу людству стане невичерпна енергія синтезу гелію з ядер дейтерію. Електронні перетворювачі забезпечують енергією космонавтів в білясонячних космічних подорожах. Електроніка покликана разом з іншими науками захистити людство від енергетичного голоду.

Від рівня розвитку електронної техніки залежить інтенсивність наукових досліджень, які визначають загальний науково-технічний прогрес.

Роль електроніки в основних процесах виробництва і у створенні матеріально-технічної бази комунізму можна показати на прикладах застосування електронного обладнання в різних галузях техніки, а саме: у радіозв'язку і телебаченні, в космічній радіоелектроніці, автоматичі і телемеханіці, в безмашинних електростанціях, квантових генераторах, електронно-лічильних машинах, кібернетиці і біоніці тощо.

Серед ілюстративних матеріалів, що популяризують досягнення електроніки, найменш трудомісткі фотомонтажі і технічні бюлетені. Вони складаються з журнальних





Мал. 85.

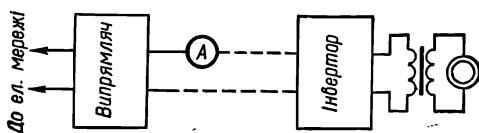
і газетних вирізок, фотокопій, малюнків, схем, повідомлень.

Глибоких знань про предмет учні набувають, працюючи над рефератами. Матеріали, зібрані гуртківцями з популярних журналів, газет, кінофільмів, телепередач і оформлені у вигляді рефератів, звітів, повідомлень учителі часто можуть використовувати на уроках і годинах класного керівника.

Найбільш конкретно і переконливо нову техніку популяризують спеціально підготовлені виставки-вітрини з діючими приладами, а також демонстрування на вечорах фізики нової оригінальної шкільної апаратури. Для підготовки виставок і демонстрацій доцільно широко використовувати наявну апаратуру у комплекті із саморобними пристроями. Наприклад, для демонстрації телепередачі через супутник — пасивний ретранслятор — цілком достатньо мати шкільний клістронний генератор сантиметрових хвиль. Передавальна і приймальна антена кріпляться на підймальних столиках, що обертаються навколо осі. «Супутник» — жерстяний диск має отвір, через який продівають дві дротини, скріплені із столиками. Під час переміщення диска передавач і приймач своїми рупорними антенами орієнтуються на нього і зв'язок постійно підтримується. Більший ефект створює приймач модульованих коливань з приєднаним до нього осцилоскопом.

Доцільно виготовляти прилади, призначені для ілюстрації технічного застосування електроніки, не зважаючи

на матеріальні затрати. Наприклад, багатьох учнів цікавить, як передається електроенергія постійним струмом. Для ілюстрації двосторонньої передачі постійного струму треба мати два інвертори. Інвертори можна використати і як випрямлячі з регульованою напругою, і як потужні звукові генератори. Принципову схему малопотужного інвертора показано на мал. 85. Номінали його елементів визначаються типом вибраних тиратронів і діапазоном генерованих частот;  $Tr_1$  — силовий трансформатор від потужного радіоприймача або підсилювача,  $Tr_2$  — трансформатор синхронізуючої напруги, намотується на сердечнику площею перерізу магнітопровода 1—3 см<sup>2</sup>. Первинна обмотка розраховується на 6,3 в, вторинні — на



Мал. 86.

напругу пускового імпульсу (наприклад, для ТГІ—0,1/0,3—85 в; ТГІ—1/0,8—15 в), напругу зміщення можна зняти з випрямляча, як показано на малюнку.

Інвертор живиться електроенергією постійного струму від двопівперіодного випрямляча (синхронізується напругою промислової частоти). Для переведення інвертора в режим випрямляча досить від'єднати синхронізуючу напругу і підвести до силового трансформатора змінну напругу. Випрямлена напруга регулюється напругою зміщення на керуючих сітках.

Установка для демонстрування передачі електроенергії постійним струмом (мал. 86) включає, крім випрямляча та інвертора, еквівалентну лінію, вимірювальні прилади і споживач електроенергії.

Для популяризації практичного застосування електроніки в школах виготовляють діючі моделі апаратів електроіскрової обробки металів, ультразвукової очистки виробів, генераторів для поверхневого гартування металів, дефектоскопів, трасошукачів, фотоелектронних, індуктивних та емнісних лічильників деталей тощо.

## **§ 1. Виготовлення пристроїв для народного господарства**

У період суцільної механізації реальні можливості використання виробів, виготовлених гуртківцями, у промисловості і, особливо, в сільському господарстві зростають. Про це свідчить щорічне збільшення кількості чудових приладів, сконструйованих юними техніками [16].

Виготовлення електронних пристроїв, які подібні за своїми якостями до промислових, є завершальним етапом розвитку конструкторської діяльності гуртківців. Вибір конкретних об'єктів зумовлюється переважно потребами місцевого підприємства або колгоспу, що шефствує над школою. Нижче охарактеризовано деякі електронні пристрої, які можуть виготовити гуртківці.

## **§ 2. Фотоелектронні пристрої**

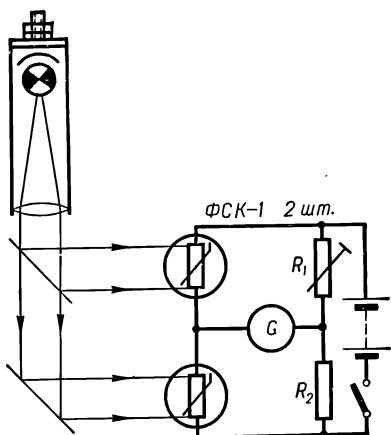
Найпоширеніші пристрої — фотоелектронні, вони мають різноманітне застосування і порівняно прості у виготовленні. Датчиками у фотоелектронних пристроях є фотоеlementи і фотопомножувачі, фоторезистори, фотодіоди і фототріоди. За характером дії пристрої можна поділити на дискретні і неперервної дії. Перші дають мінімальну кількість інформації (так або ні) і реагують на відхилення від заданих номіналів. Другі дають однозначну інформацію про стан досліджуваного об'єкта в широкому діапазоні вимірювань. У кожному конкретному випадку застосовуються ті або інші пристрої залежно від технічних вимог. Коли, наприклад, треба зафіксувати тільки відхилення контрольованого параметра від норми, користуються різними варіантами фотореле.

Принципові схеми та описи фотореле досить широко і повно висвітлено в літературі [1, 34], тому подаємо лише окремі з них.

**Контроль розмірів виробів у процесі їх виготовлення.** Вузький пучок світла спрямовують на контрольований об'єкт, який відбиває або затримує його. Коли об'єкт досягне потрібних розмірів, відбитий або прохідний пучок світла попадає на фотоеlement і приводить у дію відповідні виконавчі механізми (спиняє верстат тощо).

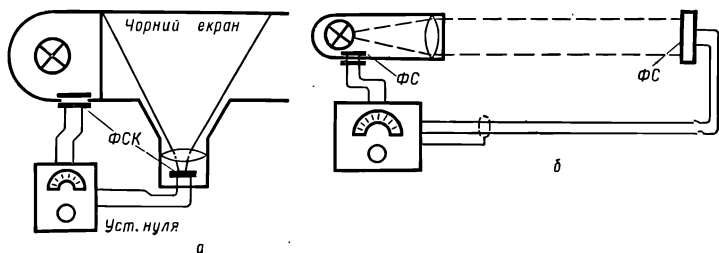
**Вимірник чистоти поверхні.** Інтенсивність відбитого пучка світла помітно залежить від чистоти оброблюваної

поверхні. Цю його властивість використовують у вимірниках чистоти обробки деталей. Пучок світла, виходячи з освітлювача, роздовжується скляною пластинкою. Частина його надходить на один фотоелемент безпосередньо, інша частина — на другий фотоелемент, відбиваючись від досліджуваної поверхні. Фотоелементи ввімкнено в плечі містка. Струм розбалансування вимірюється безпосередньо мікроамперметром або за допомогою підсилювача. У зрівноважених містках зміна провідності освітленого фотоелемента компенсується змінним градуйованим резистором (мал. 87). Шкали гальванометра або резистора градууються за допомогою еталонів чистоти обробки.

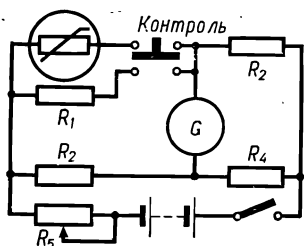


Мал. 87.

**Пиломіри і димоміри.** У пристроях, що визначають ступінь забрудненості повітря, використовуються явища поглинання або розсіювання світла. Контрольний фотоелемент ставиться в пилонапроникний футляр і розміщується ближче до освітлювача (мал. 88). Чутливість приладу при однакових інших умовах збільшується із збільшенням відстані між освітлювачем і вимірюючим фотоелементом. Іноді доцільно видовжити зондуєчий пучок світла за допомогою дзеркал.



Мал. 88.



Мал. 89.

У приладах з розсіюваним світлом зондуєчий пучок має бути досить широким, щоб заповнити поле зору фотоелемента. На контрольний фотоелемент світло попадає через світлопровід (скляний стержень з плоскопаралельними торцями) або через світлофільтри (мал. 88, б). У релейних пристроях немає потреби ставити контрольний фотоелемент.

**Фотоелектронні експонетри і люксметри.** Прилади об'єктивно оцінюють освітленість (світловий потік) у видимих та інфрачервоних променях. Найпростіші прилади виготовляють з вентильними фотоелементами ФЭСС-10. Прилади з фоторезисторами і фотодіодами мають складнішу будову. Для їх живлення потрібна стабілізована напруга. Порівняно мало реагують на нестабільність напруги експонетри, складені за містковими схемами. У приладі, складеному за схемою, поданою на мал. 89, струм фоторезистора порівнюється із струмом термостабільного резистора, опір якого підбирають таким, щоб при освітленні 100 люкс (нормальна освітленість робочого місця для розрізнення об'єктів розміром 0,1 мм) струм через міліамперметр не проходив. Прилад градується за еталонною лампою або технічним люксметром. Міліамперметр (мікроамперметр) краще брати з нулем на середині шкали.

**Фотоелектронні лічильники, автомати запобігання травматизму.** Ці прилади складаються з фотореле і відповідних пристосувань. Дія всіх їх зводиться до вмикання або вимикання виконавчих механізмів під впливом світла.

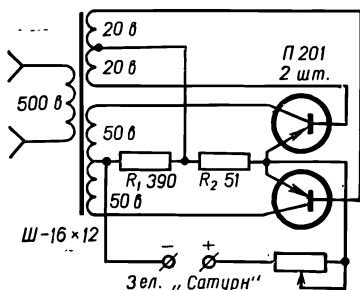
### § 3. Пристрої з електронними генераторами

Багато саморобок можна сконструювати на основі електронних генераторів звукової, ультразвукової та радіочастоти. Найпопулярніші серед них прилади для визначення товщини немагнітних (антикорозійних) покриттів сталених виробів, вологоміри, дефектоскопи, жироскопи, індукційні лічильники та ультразвукові пристрої для обробки й очистки виробів.

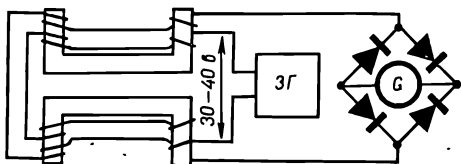
**Вимірники антикорозійних покриттів** складаються з індуктивних датчиків, генераторів змінних струмів і вимірювальних приладів. Датчики для дослідження плоских поверхонь мають здебільшого вигляд трансформаторів з розімкнутими П-сердечниками. П-сердечники застосовують також у датчиках, що виявляють залізну арматуру

в стінках і бетоні. Для вимірювання товщини немагнітних покриттів на виробах однакової товщини (стандартних трубах) краще використовувати датчик на Н-сердечнику. Досліджувану деталь поміщаємо в одну з вилок сердечника, друга призначена для порівняння. Обмотки датчиків є двома плечами містка змінного струму. Двоє інших плечей є задатчиками з фіксованою індуктивністю. Міст живиться змінним струмом звукової частоти, що виробляється малопотужним генератором, частіше транзисторним. Схему одного з варіантів генератора з вихідною напругою 40—50 в показано на мал. 90.

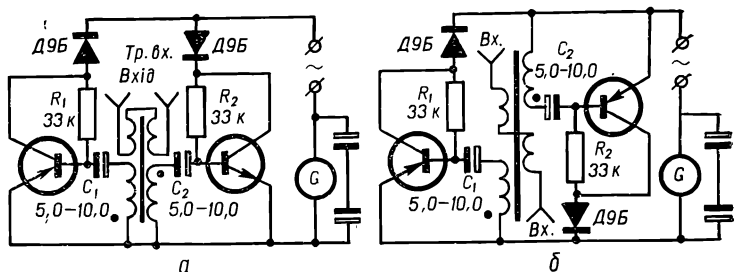
Індуктивність датчика зменшується із зростанням товщини немагнітного шару. Отже, розбалансування містка буде тим більшим, чим товщий немагнітний шар. Струм розбалансування вимірюється безпосередньо міліамперметром або попередньо підсилюється. Структурну схему приладів показано на мал. 91. Конкретний варіант пристрою вибирають залежно від технічних вимог. Наприклад, щоб виявити відхилення від норми товщини немагнітного покриття, на задатчику встановлюють немагнітний (повітряний) проміжок, еквівалентний нормальному контролюваному. Нуль-гальванометр з фазочутливим підсилювачем



Мал. 90.



Мал. 91.



Мал. 92.

(мал. 92) фіксує відхилення від норми в обидві сторони з точністю до 5—10 мк.

**Вологоміри з електронними генераторами** широко використовують для вимірювання вологості сипких та волокнистих матеріалів, зерна тощо. Їх дія ґрунтується на тому, що діелектрична проникність пористих електронепровідних речовин помітно залежить від вологості. Досліджувану речовину поміщають у конденсаторний датчик. Щоб знешкодити струми провідності, один з електродів датчика ізолюють. Ємність конденсатора-датчика пропорційна діелектричній проникності діелектрика — досліджуваної речовини. Отже, вимірювання вологості матеріалів зводиться по суті до вимірювання ємності конденсатора. Технічна трудність вимірювання вологості полягає в тому, що ємність конденсаторного датчика невелика (10—20 пф) і незначну зміну її виміряти важко.

Датчики вологомірів здебільшого мають форму коаксіальних циліндрів або прямокутних ящиків, проте деякі трапляються у вигляді двох електродів-зондів циліндричної форми, або плоско-паралельних пластин. Останні вигідні там, де треба визначити вологість на різних глибинах (у буртах зерна). Датчики часто виготовляються виносними. Їх сполучають з вимірювальними приладами екранованими проводами.

Ємність датчиків вимірюється переважно одним з трьох методів: вимірюванням реактивної провідності; порівнянням ємності датчика з каліброваним конденсатором; вимірюванням частоти власних електричних коливань у контурі, що складається з датчика і котушки індуктивності. Точність вимірювання реактивної провідності неви-

сока, тому цей метод використовується рідше. Метод порівняння ємностей у місткових схемах дає точніші результати, тому йому надається перевага.

Найточніші результати можна добути, вимірюючи частоту власних коливань у контурі і порівнюючи її із стандартною частотою. Конструювання і настроювання апаратів, в яких порівнюються дві частоти, пов'язані із значними затратами часу. Їх виготовляють кваліфіковані аматори, які мають досконалу контрольно-вимірювальну апаратуру.

Електронні генератори у вологомірах виконують допоміжну роль. Вони живлять електроенергією змінного струму вимірювальні містки або працюють разом з датчиками як перетворювачі інформації.

Принципові схеми вологомірів різного призначення детально описано в літературі.

**Прилади для вимірювання жирності молока** за принципом дії близькі до вологомірів. Ємність конденсатора, між пластинами якого міститься молоко, залежить від жирності останнього. Її величину вимірюють за допомогою містка, на який подається напруга високої частоти (близько 1 МГц) від місцевого генератора. Індикатором служить мікроамперметр з підсилювачем і детектором. Місток збалансовують з датчиком, заповненим молоком, що має дві жироодиниці. Для градування шкали мікроамперметра треба мати зразки молока різної жирності. Точність вимірювання жирності конденсаторним датчиком невелика, оскільки на діелектричну сталу молока впливає також і його кислотність та інші фактори.

**Індукційні лічильники та металошукачі** виготовляються на базі генераторів із змінною взаємною індуктивністю між контурами. У лічильниках і металошукачах релейної дії взаємну індуктивність між контурами зворотного зв'язку встановлюють меншою від порогу самозбудження. Якщо до контурів наближається феромагнітний предмет, взаємна індуктивність контурів зростає і генератор збуджується — струм живлення генератора різко зростає. Стрибок струму приводить у дію електро механічний лічильник або реле.

Принципову схему одного з варіантів лічильників показано на мал. 93. Котушки контурів  $L_1$ ,  $L_2$  мають індуктивність 0,2—0,1 мГн. Вони розміщуються в паралельних площинах так, щоб підраховувані деталі переміщу-





генератора — датчика з поміщенням у котушки  $L_1$ ,  $L_2$  досліджуванним предметом. Обидва генератори працюють у діапазоні довгих ультразвукових хвиль (30—40 кгц). Коливання звукової частоти (биття) підсилюються і приводять у дію телефон або гучномовець. Параметри контурів на схемі вказано орієнтовно.

**Ультразвукові генератори.** Їх будова порівняно проста. Як випромінювач ультразвуку використовують магнітострикційні (нікель, ферит) і п'єзоелектричні матеріали (кварц, сегнетоелектрики). Ультразвуком можна очищати дрібні вироби і металічні поверхні перед паянням.

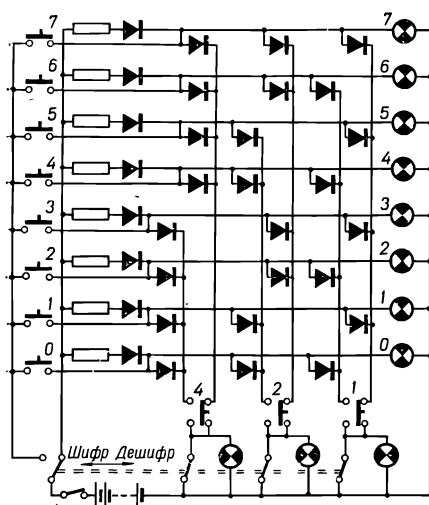
## **ЕЛЕМЕНТИ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МАШИН І КІБЕРНЕТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ (ДІЮЧІ МОДЕЛІ)**

Гуртки цього профілю працюють у тісній співдружності з гуртком математики. Діючі моделі вузлів електронно-обчислювальних машин мають переважно пізнавальну цінність, проте деякі з них можуть мати і практичне застосування, наприклад: лічильники імпульсів різного роду, що використовуються в електронних секундомірах і цифрових вимірювальних приладах, пристрої для ілюстрування функціональної залежності між величинами, шифратори і дешифратори для кодування, передачі і приймання команд по лінії зв'язку.

### **§ 1. Шифратори та дешифратори**

Найпростішим шифратором чисел від 0 до 9 може бути телефонний номеронабирач. Він перериває (закриває) електричне коло стільки разів, на скільки чисел повернуто диск. Номеронабирач використовують у комплекті з лічильником електричних імпульсів для додавання (віднімання) однозначних чисел.

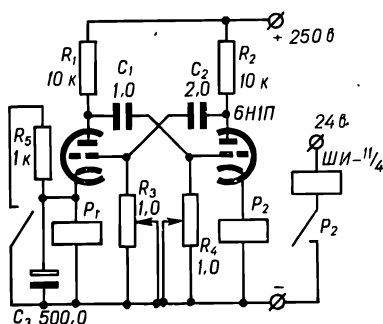
Для ілюстрації переходу від десяткової системи числення до двійкової (шифрування) і навпаки (дешифрування) використовують діодні матриці (мал. 95). Якщо перемикач поставити в положення «шифратор» і натиснути на одну з кнопок від 0 до 7, то висвітиться число у двійковій системі. Перемкнувши перемикач і натиснувши на кнопки, що відповідають заданому числу в двійковій системі, дістанемо те саме число у десятковій системі. Засвічена лампа або натиснута кнопка відповідає 1, незасвічена — 0.



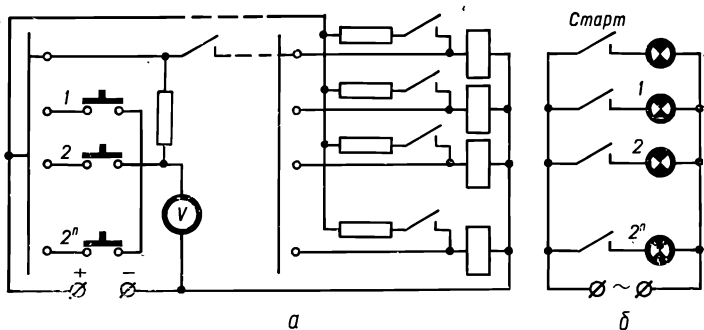
Мал. 95.

Примітка. Матриця складається з діодів Д7А, розрахованих на струм 300 *ма*, тому треба брати лампи із струмом розжарення меншим за 150 *ма*. Напругу батареї гальванічних елементів або випрямляча вибирають у два рази вищою від напруги на лампі, тоді при однакових опорах обмежуючих резисторів і ламп останні світитимуться нормально. Через резистори, сполучені перемикаючими кнопками з мінусом, проходить струм у два рази більший, ніж через лампу, тобто 300 *ма*. Загальний струм батареї може досягти восьмикратного значення струму одного резистора.

Велику пізнавальну цінність мають кодоімпульсні шифратори, їх використовують у сучасних цифрових машинах і телемеханіці. У моделі, що імітує дію шифратора, інтервали між імпульсами і самі імпульси беруться в десятки тисяч разів більші, ніж у реальних машинах. Період повторення імпульсів 0,5—1 *сек* можна дістати за допомогою механічного або електронного розподільника. Найзручнішим механічним розподільником є крокове реле (шукач), яке приводить у дію мултивібратор через проміжне реле (мал. 96). Змінним резистором  $R_4$  регулюють період повторення імпульсів, резистором  $R_3$  — тривалість імпульсів струму. Імпульси реєструються вольтметром або телеграфним апаратом (шкільним). Початковий імпульс (стартовий) має більшу амплітуду. Числа, що підлягають кодуванню, набираються кнопками в двійковій або десятковій системі числення. У дру-



Мал. 96.



Мал. 97.

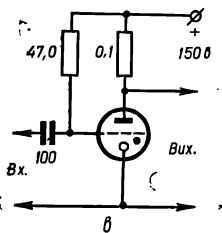
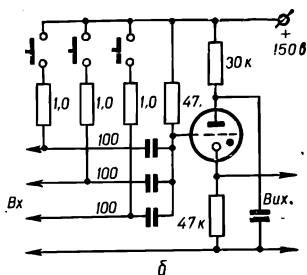
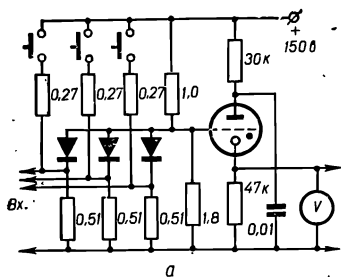
тому випадку треба мати кнопки з кількома замикаючими контактами (мал. 97, а). Часову діаграму коду показано на мал. 101.

Аналогічний код можна дістати за допомогою розподільника, що складається із системи реле часу (мал. 100) або лічильного кільця. В електронних розподільниках період повторення імпульсів регулюється в широких межах (від кількох секунд до мілісекунд).

Як дешифратор імпульсного коду використовують розподільник, що працює синхронно з розподільником шифратора, та індикатори напруги (мал. 97, б). У демонстраційній установці один ряд ламелей шукача можна використати для розподільника шифратора, другий для — дешифратора. Перша лампа дешифратора призначена для контролю синхронності розподільників. Вона світиться яскравіше за інші. Розшифроване число у двійковій системі висвічують лампочки розжарення або тиратрони МТХ-90. Якщо паралельно лампі поставити електромагнітні реле з перемикаючими контактами, а до останніх приєднати діодну матрицю, то числа висвічуватимуться у десятковій системі.

## § 2. Логічні елементи

Логічні елементи є складовими частинами електронно-обчислювальних машин. Найпростіші у виготовленні і найбільш демонстраційні елементи на тиратронах МТХ-90. Їх легко об'єднати в систему, що виконує прості логічні операції.



Мал. 98.

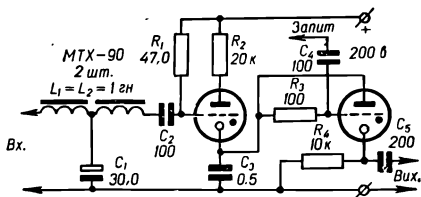
Тиратрон логічного елемента «I» (мал. 98, а) засвітиться, а вольтметр покаже появу вихідного сигналу лише в тому разі, коли натиснути одночасно на всі три кнопки, тобто, коли сигнали подаються одночасно на кожний з входів елемента. Якщо ж нема хоч одного із сигналів, резистор 1,8 *Мом* шунтується резистором з меншим опором і напруга на ньому недостатня для засвічування тиратрона.

Тиратрон логічного елемента «АБО» засвічується при натискуванні однієї кнопки, тобто елемент «АБО» «відгукується» на сигнал, що надходить на будь-який його вхід (мал. 98, б).

На виході логічного елемента «НІ» напруги не буває лише тоді, коли на його вхід надходить сигнал (імпульс напруги) (мал. 98, в).

Розглянувши дію трьох логічних елементів, неважко уявити принцип дії тривходового однорозрядного суматора, що складається з 5 елементів «I», 3 елементів «АБО», елемента «НІ» та лінії затримки імпульсу.

Лінію затримки імпульсу протягом 5—10 сек зробити важко, тому доводиться замінити її елементом пам'яті, який видає сигнал на запит. Схему одного з елементів пам'яті показано на мал. 99. «Затримуваний» імпульс надходить на вхід 1. Тиратрон  $T_1$  «засвічується» і відразу ж гасне, як тільки зарядиться конденсатор



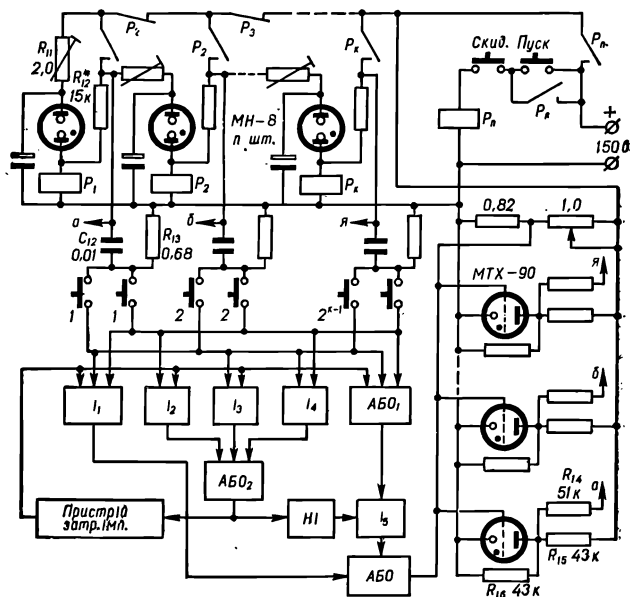
Мал. 99.

$C_3$ , імпульс запиту надходить на вхід 2. Якщо на конденсаторі  $C_3$  є заряд, то засвітиться тиратрон  $T_2$  і елемент видасть імпульс напруги на вихід. Якщо ж його нема, імпульс на запит не видається. Видача елементом імпульсу відповідає переносу одиниці вищого розряду. Сигнал запиту надходить з розподільника. Настроювання пристрою, що «запам'ятовує» імпульс, пов'язане з труднощами. Відповідно до характеристик вибраних тиратронів (тиратрон  $T_2$  повинен мати малий час деіонізації) треба підібрати такі опори резисторів і напруги живлення, щоб тиратрон  $T_2$  гаснув швидше, ніж засвічуватиметься тиратрон  $T_1$ .

### § 3. Суматори

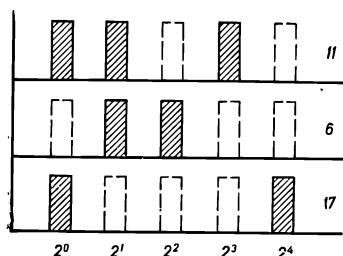
У шкільному експерименті роль суматорів виконують лічильники електричних імпульсів на тригерах, декадних кільцях і декатронах. Загальні відомості про них подано в розділі IV.

Діючі арифметичні пристрої, що виконують операції із закодованими числами, зробити дуже важко. Доступ-



Мал. 100.

ним для виготовлення може бути демонстраційний пристрій, що додає два числа, зашифровані імпульсним кодом (три-входовий однорозрядний суматор) (мал. 100). Принцип його дії такий. На вхід суматора надходить одночасно один або два імпульси. Від одного імпульсу спрацюють елементи «АБО», « $I_5$ », «АБО<sub>3</sub>». У результаті цього на вході з'явиться імпульс ( $1 + 0 = 1$ ). Від двох імпульсів спрацюють елементи: « $I_4$ », «АБО<sub>1</sub>», «АБО<sub>2</sub>», «НІ» і пристрій затримки імпульсу (ПЗІ). На виході імпульсу не буде ( $1 + 1 =$  одиниця вищого розряду  $+ 0$ ). За період над-



Мал. 101.

ходження імпульсів надходить один імпульс, два або жодного. У першому випадку спрацюють елементи « $I_3$ » (другий імпульс видав ПЗІ), «АБО<sub>1</sub>», «АБО<sub>2</sub>», «НІ», «ПЗІ». На вході імпульсу не буде. У другому спрацюють усі елементи — імпульс на вході буде. У третьому — спрацюють елементи «АБО<sub>1</sub>», «ПЗІ», «АБО<sub>3</sub>».

Аналогічно через кожний період надходження імпульсів поява імпульсу на виході означатиме наявність у сумі одиниці того самого розряду, спрацювання «ПЗІ» — одиниці вищого розряду. Часові діаграми кодів двох доданків і їх суми (код на виході суматора) показано на мал. 101.

Код-сума розшифровується описаним вище дешифратором. Числа-доданки набирають кнопками у двійковій системі. Сума висвічується також у двійковій системі. Опори резисторів дешифратора розраховуються так, щоб тиратрон засвічувався імпульсом напруги, виданим суматором тільки тоді, коли на нього подано напругу синхронізації. Свічення тиратрона підтримується струмом, що проходить через резистор 50—60 ком. У зв'язку з розбіжністю параметрів тиратронів резистори доводиться підстроювати при налагодженні установки.

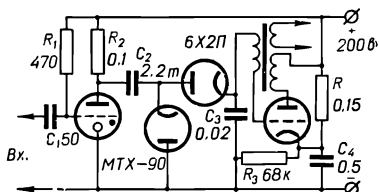
Навчальну панель для демонстрування дії суматора складають з блоків. Центральне місце займають логічні елементи. Допоміжні лінії синхронізації заховані під панеллю. Кнопки або тумблери розміщені у два горизонтальні ряди. Число елементів дешифратора повинно бути на

одиницю більше за число пар кнопок і число елементів розподільника.

Доступним для виготовлення є суматор з конденсаторним нагромаджувачем (мал. 102). У початковий момент, коли тиратрон закритий, послідовно сполучені конденсатори  $C_2$  і  $C_3$  заряджаються до напруги джерела живлення. Напруга на них розподіляється обернено пропорційно ємностям. Обидва конденсатори дістають однаковий заряд. Якщо тиратрон засвітиться імпульсом напруги сигналу, конденсатор  $C_2$  розрядиться через діод  $D_1$  і тиратрон до напруги гашення. У наступний момент конденсатор  $C_2$  зарядиться

майже до попередньої величини, а напруга на конденсаторі  $C_3$  стрибком зросте на величину, що залежить від співвідношення ємностей конденсаторів. Через кілька циклів перезарядки конденсатора  $C_2$  напруга на конденсаторі  $C_3$  досягне величини, достат-

ньої для приведення в дію наступного органу, наприклад мултивібратора, блокінг-генератора або будь-якої спускової схеми. Остання приводить у дію наступний суматор або механічний лічильник. Суматор придатний для перерахункових пристроїв.



Мал. 102.

#### § 4. Технічні засоби навчання

У сучасних школах кабінети технічних засобів навчання устатковуються кінопроектором, епідіаскопом, фільмоскопом, магнітофоном, програвачем і пристроями для перевірки знань учнів. Усі апарати керуються з одного пульта. Гуртківці конструюють і встановлюють пульти керування, доглядають їх і забезпечують безперебійну роботу всього комплексу. Друга важлива ділянка — конструювання і виготовлення апаратів-репетиторів та екзаменаторів, які підвищують продуктивність праці вчителя, так званих машин для програмованого навчання [3].

На сучасному етапі розвитку машинної техніки для програмованого навчання основні функціональні вузли майже всіх простих апаратів-екзаменаторів і репетиторів —



електромеханічні. Але це свідчить не про переваги електромагнітних реле, перемикачів і кнопок над електронними приладами, а про недосконалість перших машин. Тут безумовно майбутнє за електронікою. Апарати з електромеханічними елементами не здатні приймати й аналізувати всю інформацію, яка надходить від учнів під час уроку. Сучасні машини «пропонують» учневі 4—5 готових відповідей на поставлене запитання, одна з яких правильна, інші неточні або неправильні.

Введення в машини електронних логічних елементів дасть учневі можливість самому компонувати відповідь за певними алгоритмами. Навчаючі машини зможуть пропонувати додаткові роз'яснення залежно від характеру відповіді учня на поставлене запитання. Тепер у навчаючі комплекси входять складні електронно-обчислювальні машини, але немає сумніву, що з цією роботою справлятимуться і портативні апарати.

Електронні вузли в більшості апаратів-екзаменаторів і репетиторів виконують допоміжну роль: перетворюють змінний струм у постійний (рідше постійний у змінний), розділяють канали зв'язку, дозують час обмірковування відповіді.

Зроблено спроби використати машину для перевірки креслень, розміток. Машина порівнює контрольовані креслення із зразковими, закладеними в неї. Площі обох малюнків розбиваються на комірки, кожна з яких контролюється окремим фоторезистором. Якщо, наприклад, через  $n$ -ну комірку на зразковому кресленні (шаблоні) проходить лінія, а в  $n$ -ній комірці контрольованого її не виявилось, то на пульт надходить сигнал «неправильно». За таким принципом можна перевіряти графічні зображення в багатьох точках, але тоді апарат дуже ускладнюється. Для вибіркового контролю досить мати 8—10 комірок і стільки ж резисторів порівняння. Комірці, в якій має проходити темна лінія, відповідає резистор з більшим опором. Один з варіантів реалізації цього методу описано в літературі.

Практичних схем навчаючих та екзаменуючих машин останнім часом опубліковано досить багато, але жодна з них не знайшла загального визнання. У школах продовжують конструювати апарати, враховуючи власні можливості і потреби.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Айманов К., Элементы автоматики и телемеханики в курсе физики средней школы, Изд-во АПН РСФСР, 1963.

2. Айсберг Е., Транзистор?... Это очень просто!, «Энергия», 1967.

3. Білий Ю. О. та ін., Технічні засоби контролю знань учнів, К., «Радянська школа», 1968.

4. Борноволоков Э., Светляков Л., Электроника для фотолюбителя, «Знание», 1963.

5. Венглинский В. Н., Маликов Ю. С., Радиомонтажное дело, К., «Радянська школа», 1965.

6. Викладання фізики в школі, вип. 1—7, К., «Радянська школа».

7. Винниченко І. А., Марієнгоф Е. М., Система позакласної роботи у восьмирічній школі, К., «Радянська школа», 1968.

8. Войцеховский Б. Т., Развитие творчества учащихся при конструировании, Учпедгиз, 1962.

9. Воллернер Н. Ф., Радиоэлектроника в народном хозяйстве, «Знание», 1960.

10. В помощь радиолюбителю, вып. 1—30, Изд-во ДОСААФ.

11. Генис А. А., Горнштейн И. Л., Пугач А. Б., Приборы тлеющего разряда, К., Гос. изд. технической литературы УССР, 1963.

12. Гинзбург С. А., Лехтман И. Я., Малов В. С., Основы автоматики и телемеханики, «Энергия», 1965.

13. Гладков К., Что такое радиоэлектроника, «Московский рабочий», 1965.

14. Гартман Г. А., Радиоэлектроника в сельском хозяйстве, «Энергия», 1964.

15. Делік М. Н., Технічне моделювання у восьмирічній школі, К., «Радянська школа», 1966.

16. Ежегодник массовой радиобиблиотеки, под ред. Э. Т. Кренкеля, «Энергия», 1964.

17. Иванов Б. С., Электроника своими руками, «Молодая гвардия», 1964.

18. Карпинский Г. К., После уроков, Средне-Уральское книжное изд. Свердловск, 1964.

19. Колесник І. Г., Позакласна робота старшокласників, К., «Знання», 1967.

20. Комской Д. М., Столяров Ю. С., Автоматика и кибернетика в физико-техническом кружке, «Просвещение», 1964.

21. Коршак Є. В., Виготовлення і використання приладів на напівпровідниках, К., «Радянська школа», 1966.

22. К у б а р к и н Л. В., Рассказ о радиоэлектронике, «Энергия», 1965.
23. К у п р и я н о в и ч Л. И., Радиоэлектроника в быту, Госэнергоиздат, 1963.
24. Методика викладання фізики, вип. 1—3, К., «Радянська школа».
25. М и н ц А. Л., Радиоэлектроника, Изд-во АН СССР, 1963.
26. М и р г о р о д с ь к и й Б. Ю., Радіоелектроніка в шкільному фізичному експерименті, К., «Радянська школа», 1968.
27. Н і к о л е н к о М. А., Досліди з автоматики і кібернетики в школі, К., «Радянська школа», 1965.
28. Організація позакласної роботи з фізики в школі. Методичний лист., К., «Радянська школа», 1963.
29. П а н ф и л о в а Г. С., Развитие самостоятельности школьников во внеклассной работе, «Просвещение», 1964.
30. Простая кибернетика, «Молодая гвардия», 1965.
31. Р а з у м о в с к и й В. Г., Развитие технического творчества учащихся, Учпедгиз, 1961.
32. Р а з у м о в с к и й В. Г., Ш а м а ш С. Я., Изучение электроники в курсе физики средней школы, «Просвещение», 1968.
33. С к у л ь с ь к и й Р. П., Шляхи розвитку технічної творчості учнів восьмирічної школи, К., «Радянська школа», 1967.
34. С т о л я р о в Ю. С., Автоматика и телемеханика в творчестве юных техников, Изд-во ДОСААФ, 1962.
35. С т о л я р о в Ю., Юные конструкторы и техническое творчество, Изд-во ДОСААФ, 1966.
36. Т р е т ь я к о в М. Н., Электронные реле и их применение, «Госэнергоиздат», 1963.
37. Физический эксперимент в школе, вып. 1—3, «Просвещение».
38. Ф и ш е р Г. Н., Транзисторная техника для радиолюбителей, «Энергия», 1966.
39. Ш а р о в Ю. В., Внеклассная работа по технике, Учпедгиз, 1965.
40. Я к и м е н к о І. М., Нові саморобні прилади з фізики. К., «Радянська школа», 1965.

## З М І С Т

	Стор.
Передмова . . . . .	3
<b>Загальні питання роботи гуртків радіоелектроніки</b>	
§ 1. Основні завдання гуртків радіоелектроніки . . . . .	5
§ 2. Зміст позакласної роботи . . . . .	6
§ 3. Форми позакласної роботи і методи проведення занять з електроніки . . . . .	11
§ 4. Розумовий розвиток учнів на гурткових заняттях . . . . .	14
§ 5. Виявлення і розвиток технічних здібностей учнів . . . . .	19
§ 6. Комуністичне виховання учнів на гурткових заняттях . . . . .	20
§ 7. Формування навичок самостійної роботи . . . . .	22
§ 8. Режим позакласної роботи з електроніки учнів різних вікових груп . . . . .	27
<b>Ознайомлення з електронікою учнів 6—8-х класів</b>	
<i>Перший рік занять</i>	
§ 1. Побутова радіоелектронна апаратура . . . . .	30
§ 2. Найважливіші електричні прилади і величини . . . . .	31
§ 3. Електронні прилади та практичні роботи з ними . . . . .	35
§ 4. Виготовлення приладів . . . . .	39
<i>Другий рік занять</i>	
§ 1. Електронні лампи . . . . .	44
§ 2. Транзистори . . . . .	45
§ 3. Електронні підсилювачі . . . . .	49
§ 4. Виготовлення підсилювачів . . . . .	50
§ 5. Електронні генератори . . . . .	53
§ 6. Виготовлення генераторів . . . . .	56
§ 7. Радіоприймачі . . . . .	58
§ 8. Виготовлення простих малогабаритних радіоприймачів . . . . .	59
<i>Третій рік занять</i>	
§ 1. Фотоелементи . . . . .	61
§ 2. Електроннопроменеві трубки . . . . .	63
§ 3. Поняття про будову телевізора . . . . .	65
§ 4. Електронні вимірювання . . . . .	67
§ 5. Електричні містки і компенсатори з електронними генераторами і звуковими індикаторами рівноваги . . . . .	69
§ 6. Прилади безпосередньої оцінки з електронними вузлами . . . . .	73

§ 7. Вимірювання неелектричних величин . . . . .	74
§ 8. Електронні вузли автоматичних та телемеханічних систем . .	76
§ 9. Електроніка у фізичному експерименті за програмою 6—8-х класів . . . . .	82

#### *Суспільно корисна праця гуртківців середніх класів*

§ 1. Електронізація іграшок . . . . .	88
§ 2. Організація ігор . . . . .	88
§ 3. Ігри-досліди з фізики . . . . .	90

### **Електроніка на заняттях гуртків старшокласників**

#### *Електроніка у шкільному фізичному експерименті за програмою для старших класів*

§ 1. Виготовлення копій та аналогів шкільних електронних приладів . . . . .	92
§ 2. Конструювання і виготовлення допоміжних приладів і пристосувань . . . . .	93
§ 3. Приставка-обмежувач . . . . .	94
§ 4. Фотокомпенсаційна приставка . . . . .	95
§ 5. Електронні приставки для осцилоскопів . . . . .	96
§ 6. Електронні генератори . . . . .	98
§ 7. Генератори світлових імпульсів (стробоскопи) . . . . .	99
§ 8. Модель для демонстрування властивостей електромагнітного поля . . . . .	101
§ 9. Перетворювачі напруги і струму . . . . .	102
§ 10. Прилади і пристрої для вимірювання часу . . . . .	104
§ 11. Допоміжні пристрої для позакласних занять . . . . .	107

#### *Електроніка в автоматичній і телемеханіці*

§ 1. Датчики і задатчики . . . . .	110
§ 2. Автоматичні регулятори . . . . .	113
§ 3. Автомат для економії електроенергії та для фотодрукування .	117
§ 4. Автомати захисту від травматизму . . . . .	118
§ 5. Телемеханічні вимірювання . . . . .	121

#### *Електроніка в народному господарстві*

§ 1. Виготовлення пристроїв для народного господарства . . . .	126
§ 2. Фотоелектронні пристрої . . . . .	126
§ 3. Пристрої з електронними генераторами . . . . .	128

#### *Елементи електронно-обчислювальних машин і кібернетичних пристроїв (діючі моделі)*

§ 1. Шифратори та дешифратори . . . . .	133
§ 2. Логічні елементи . . . . .	135
§ 3. Суматори . . . . .	137
§ 4. Технічні засоби навчання . . . . .	140

<b>Література . . . . .</b>	<b>141</b>
-----------------------------	------------

34 коп.

