

Лабораторний практикум для учнів 11 класу (факультатив) «Вимірювання коефіцієнта підсилення транзисторів ррр і рпн»

Біполярні транзистори широко використовуються в електронній апаратурі для підсилення напруги, струму. Відомо, що підсилення можна одержати при роботі транзистора в активному режимі, для чого на його виводи необхідно подати відповідне живлення. На факультативних заняттях доцільно показати учням підсилювальні властивості транзисторів по схемі **рис. 1**, по якій можливо виміряти коефіцієнт підсилення транзисторів з $h_{21э}$ до 100, або до 1000 – в залежності від положення перемикача SA1.

Зробити такий прилад зовсім не складно, скориставшись схемою приведеною на **рис.1** і на ній випробовувати наявні транзистори. Схема живиться напругою ± 4.5 В від трьох пальчикових елементів типу АА. Резистори R1, R2, або R3, R4 задають базовий струм, в залежності від положення перемикача SA1.

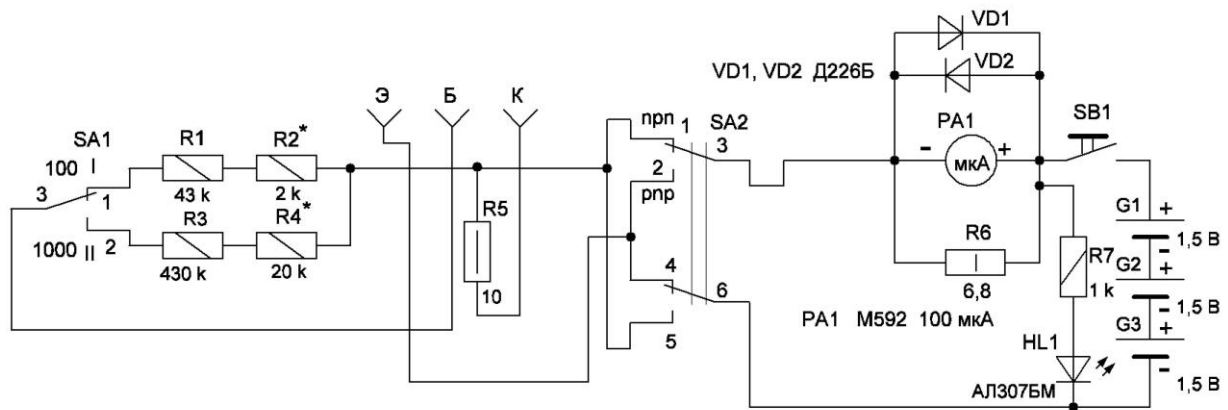


Рис. 1

У схемі застосовано широко поширений мікроамперметр на 100 мкА типу М592 з шунтом і отримано міліамперметр на 10 мА. Якщо перемикач SA1 буде в II положенні, то шкала приладу буде - 1000, тобто показання приладу необхідно множити на десять; і в I положенні шкала приладу буде - 100, відлік безпосередньо за шкалою. У цього приладу ціна поділок 10, так що і транзистори з малими коефіцієнтами підсилення також можливо протестувати. Кнопку SB1 (подача живлення) необхідно натискати після підключення транзистора до схеми. Щоб не вивести транзистор з ладу необхідно дотримуватися правильності його підключення (Э, Б, К). Якщо прилад «шкалить» і на межі 1000, то такий транзистор має коефіцієнт підсилення понад 1000, або несправний тобто «пробитий». Якщо буде помічено, що коефіцієнт підсилення плавно збільшується («пливе»), то такий транзистор краще викинути. Якщо це германієвий транзистор і на шкалі 1000 має коефіцієнт підсилення більше 300, або «шкалить»; то такий

транзистор несправний «пробитий». Тестування необхідно проводити при кімнатній температурі.

Для захисту приладу при випадкових перевантаженнях паралельно приладу PA1 включені кремнієві діоди VD1 і VD2. Якщо є можливість виміряти параметр h_{21E} транзистора на заводському цифровому приладі, наприклад Л2-77, то тоді підбором резисторів R2, R4 можливо на запропонованому випробувачі транзисторів виставити таке ж значення при тестуванні «еталонного» транзистора. Якщо такої можливості немає, то випробувач транзисторів буде мати деяку похибку при вимірюваннях в зв'язку допуском опорів резисторів, однак це допустимо. Живиться випробувач малопотужних транзисторів від трьох елементів типу AA або AAA напругою $\pm 4,5$ В і споживає струм до 10 мА.

В якості міліамперметра на 10 мА можливо використати прилади типу М4203, М42303, М903/2, М1690А, та інші. Міліамперметр на 10 мА можливо також зробити з мікроамперметра на 100 мкА любого типу, міліамперметра на 1 мА любого типу. Величина опору для шунта можливо визначити за формулою:

$$R_{ш} = \frac{R_{пр.}}{\frac{I_{нов.}}{I_{пр.}} - 1}$$

Опір $R_{пр.}$ для різних приладів можливо також з'ясувати в довідковій літературі (1). Якщо не має довідника, то можливо самому визначити опір рамки наявного приладу. Припустимо, що у нас є мікроамперметр на 100 мкА типу М592. Подаємо на нього напругу ± 9 В через резистор на 106 кОм (91кОм + 15 кОм) і фіксуємо показники приладу (прилад показував 80). Додатковий опір можна взяти і на 100 кОм, або 120 кОм, при цьому показник приладу буде інший. Під'єднуємо до мікроамперметра підстроювальний резистор на 2000 Ом і за допомогою підстроювального резистора виставляємо показник на приладові у два рази менший, тобто 40. Від'єднуємо підстроювальний резистор і за допомогою омметра вимірюємо виставлений опір. Прилад показав занижені вдвоє показники з шунтом на 680 Ом – це і є опір рамки мікроамперметра $R_{пр.}$.

Для визначення опору рамки приладу можливо подавати і меншу напругу ($\pm 3 \dots \pm 5$ В) замість 9 В. Так по приведеній вище формулі опір шунта для отримання міліамперметра на 10 мА з мікроамперметра типу М592 повинен мати опір 6,86 Ом. Доцільно взяти стандартний опір на 6,8 Ом. Зрозуміло, що в інших типів мікроамперметрів $R_{пр.}$ буде інший.

На факультативних заняттях доцільно показати учням підсилювальні властивості транзисторів по схемі **рис. 1**, по якій можливо виміряти коефіцієнт підсилення транзисторів з $h_{21Э}$ від 0 до 1000.

Германієві транзистори (ретро) як правило мають невисокий коефіцієнт підсилення $h_{21Э}$. Так наприклад транзистори типу МП41А (рпр) мають значення $h_{21Э} = 50 \dots 100$, згідно довідника (2); транзистори типу МП42Б

(рпр) мають значення $h_{21Э} = 45...100$, згідно довідника (2); транзистори типу ГТ109Г (рпр) мають значення $h_{21Э} = 110...250$, згідно довідника (2); транзистори типу П30 (рпр) мають значення $h_{21Э} = 80...180$, згідно довідника (2); транзистори типу МП38А (рпн) мають значення $h_{21Э} = 45...100$, згідно довідника (2).

Кремнієві транзистори (сучасні) можуть мати дуже великі значення коефіцієнту підсилення. Та наприклад транзистори типу КТ3107К, КТ3107Л (рпр) мають значення $h_{21Э} = 380...800$, згідно довідника (2); транзистори типу КТ3102ЕМ, КТ3102ГМ (рпн) мають значення $h_{21Э} = 400...1000$, згідно довідника (2). Для дослідів можна взяти як германієві так і кремнієві транзистори. Цоколюнку транзисторів можливо взяти з довідника, або на сайті (найбільш поширені) (3) Інтернету.

Література:

1. Илюнин К. К. и др. Справочник по электроизмерительным приборам, изд. «ЭНЕРГИЯ», Ленинградское отд. 1973 г.
2. Гитцевич А. Б. и др. Полупроводниковые приборы, Справочник, М. изд. «Радио и связь», 1988 г.
3. Уроки для радіоаматорів початківців, Урок 8 – Цоколюнки біполярних транзисторів, Інтернет <https://radio-ur5ydn.jimdofree.com/>
4. Дмитро Бабин, Лабораторний практикум для учнів 11 класу (факультатив) «Вимірювання коефіцієнта підсилення транзисторів рпр і рпн», розділ «Саморобні прилади з фізики- доповнення», Інтернет <https://radioelectronics-ur5ydn.jimdofree.com/>

Автор Дмитро Бабин