

конденсатора и $\Delta\varphi = \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i$ — разность потенциалов на зажимах

батареи. Так как $\Delta\varphi_i = q/C_i$, то $\Delta\varphi = q/C = q \sum_{i=1}^n 1/C_i$, откуда

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}. \quad (5.12)$$

При последовательном соединении конденсаторов величина, обратная их общей электроемкости, равна сумме величин, обратных электроемкостям отдельных конденсаторов. Таким образом, в этом случае электроемкость C батареи всегда меньше минимальной электроемкости конденсатора, входящего в батарею.

Преимущество последовательного соединения состоит в том, что на каждый конденсатор падает лишь часть разности потенциалов, поданной на всю батарею, чем уменьшается возможность пробоя конденсаторов. Уменьшение электроемкости батареи при последовательном соединении конденсаторов можно компенсировать параллельным включением отдельных групп последовательно соединенных конденсаторов (см., например, рис. 5.7).

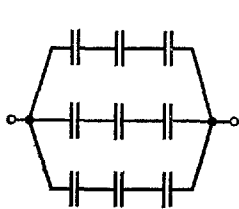


Рис. 5.7

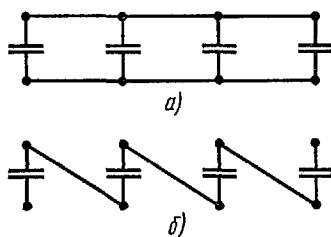


Рис. 5.8

3. Если n одинаковых конденсаторов с электроемкостью C каждый соединить сначала параллельно (рис. 5.8, *a*) и зарядить до разности потенциалов $\Delta\varphi$, а затем, не разряжая, соединить их последовательно (рис. 5.8, *б*), то на зажимах батареи появится разность потенциалов, равная $n\Delta\varphi$. На этом принципе основано устройство **импульсного генератора**, позволяющего получать разности потенциалов в миллионы вольт.

Импульсный генератор применяется, например, в электротехнике при изучении кратковременных перенапряжений, возникающих в различных установках под влиянием грозových разрядов и других причин.

§ 5.4. Типы электрометров

1. В § 4.1 был описан один из простейших электрометров. Чувствительность этих приборов невелика, разности потенциалов, которые ими можно измерить, лежат в пределах от 100 до 15 000 В.

Для повышения чувствительности электрометра необходимо резко увеличить силу, действующую на его подвижную часть при сообщении ей малого по величине заряда. Этого можно добиться, поместив подвижную часть электрометра во вспомогательное постоянное электрическое поле. Примером прибора такого типа может служить **струнный электрометр**, принципиальная схема которого изображена на рис. 5.9. Его подвижная часть представляет собой платиновую нить L диаметром порядка 1 мкм, натянутую вертикально и прикрепленную нижним концом к кварцевой дужке D . Нить помещена между двумя призмами (ножами) A и B , которые можно зарядить до некоторой разности потенциалов. Если нить заряжена положительно, то она отклоняется в сторону отрицательно заряженной призмы, и наоборот. Емкость этого электрометра очень мала; он позволяет измерять разность потенциалов с точностью до 1 мВ. Так как масса нити незначительна, то струнный электрометр обладает малой инерционностью. Он регистрирует и измеряет быстро изменяющиеся со временем заряды. Отсчеты производятся либо с помощью микроскопа с окулярной шкалой, либо путем фотографирования.

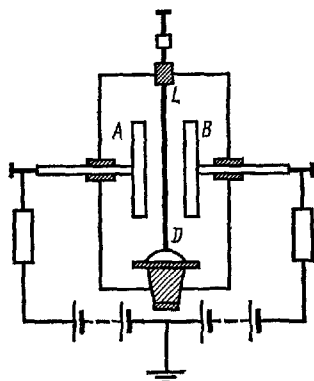


Рис. 5.9

2. Устройство так называемого **абсолютного электрометра** основано на явлении взаимного притяжения разноименно заряженных пластин конденсатора (см. § 5.2). Еще М. В. Ломоносов, заметив, что наэлектризованная чашка весов притягивается к железной плите, на которой были установлены весы, сделал вывод, что электрическую силу можно измерять весами. Эта идея Ломоносова была осуществлена В. Томсоном лишь во второй половине XIX в. Построенный им абсолютный электрометр позволяет измерять разность потенциалов в абсолютных единицах без предварительной градуировки.

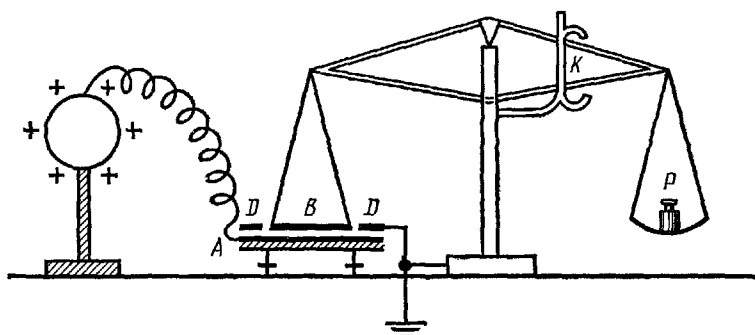


Рис. 5.10

Главную часть этого прибора (рис. 5.10) составляет конденсатор AB с охранным кольцом D . Нижняя пластина изолирована от подставки и может быть установлена на желаемом расстоянии от верхней пластины B . Пластины A соединяют с проводником, потенциал которого измеряется. Пластина B , сделанная из алюминия, подвешена к коромыслу весов и заземлена через подвес. Охранное кольцо D , отделенное от пластины небольшим зазором, обеспечивает однородность поля между пластинами A и B и также соединено с землей. Упоры K ограничивают движение коромысла при нарушении равновесия.

Сила F , с которой притягиваются друг к другу пластины A и B , уравнивается грузом P , положенным на правую чашку весов: $F = P$. Сила F , согласно уравнению (5.8), где $\epsilon = -1$ (воздух), равна

$$F = \epsilon_0 E^2 S / 2.$$

Поскольку $F = P$, а $E = \Delta\varphi / d$, где $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ — разность потенциалов между пластинами конденсатора, d — расстояние между ними, то

$$P = \epsilon_0 (\varphi_1 - \varphi_2)^2 S / 2d^2, \quad (5.13)$$

откуда

$$\varphi_1 - \varphi_2 = d \sqrt{2P / \epsilon_0 S}. \quad (5.14)$$

Отсюда, зная числовые значения d , S и P , можно определить абсолютное значение разности потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ между пластинами конденсатора.

Абсолютный электрометр служит для измерения больших разностей потенциалов: от нескольких тысяч до сотен тысяч вольт. С помощью этого прибора градуируют другие электрометры.

Вопросы для повторения

1. Что называется емкостью уединенного проводника и от чего она зависит?
2. Что называется взаимной емкостью двух проводников и от чего она зависит?
3. В каких случаях следует применять те или иные способы соединения конденсаторов?
4. Объясните принцип действия струнного и абсолютного электрометров.

Примеры решения задач

Задача 5.1. В схеме, изображенной на рис. 5.11, а, электрические емкости $C_1 = 2$ мкФ и $C_2 = 1$ мкФ. Вычислить общую емкость системы, включенной между клеммами A и B .

Дано:

$$\begin{aligned} C_1 &= 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ C_2 &= 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ C_{AB} &= ? \end{aligned}$$

Решение. Участок цепи DE состоит из двух соединенных параллельно ветвей, в одной из которых включены последовательно три одинаковые емкости C_1 , а в другой — емкость C_2 . По формуле (5.11) емкость C_{DE} этого участка цепи равна сумме емкостей обеих ветвей: $C_{DE} = C' + C_2$, где C' — емкость первой ветви, которую находим по формуле (5.12):