

Д. И. ПЕННЕР, Я. Б. ДУБОШИНСКИЙ, Д. Б. ДУБОШИНСКИЙ,
М. И. КОЗАКОВ

КОЛЕБАНИЯ С САМОРЕГУЛИРУЮЩИМСЯ ВРЕМЕНЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

(Представлено академиком И. К. Кикоиным 19 X 1971)

Известно, что поток электронов, летящих через конденсаторный промежуток, при определенных условиях может как отдавать энергию переменному полю промежутка, так и получать энергию от этого поля.

В обширной литературе по этой проблеме рассматривается взаимодействие «пачки» электронов с полем, но остается открытым вопрос о взаимодействии одного электрона с нерезонансным переменным полем при многократном пересечении конденсаторного промежутка (например, при колебаниях).

Варьируя скорость влета заряда в конденсаторный промежуток и ряд других легко регулируемых величин (длину промежутка, амплитуду напряженности поля), можно создать условия, при которых в среднем за ряд пролетов заряда через промежуток происходит вклад энергии переменного поля в колебания заряда. Наоборот, осуществимы условия, при которых вклад энергии в среднем за ряд пролетов отрицателен (передача энергии заряда полю).

Пусть гармоническая сила, с которой поле конденсатора действует на пролетающий заряд, имеет частоту, не резонансную, не кратную и в общем случае не соизмеримую с частотой собственных колебаний заряда. Величина и направление силы, действующей на заряд в пространстве взаимодействия, различны в зависимости от фазы влета электрона в поле конденсаторного промежутка, т. е. действие силы зависит не только от мгновенного состояния системы, но и от предыстории этого состояния.

Условиями вклада энергии в колебательный процесс являются существенное изменение фазы силы за время движения заряда в конденсаторном промежутке, а также возможность изменения времени пролета заряда в пространстве взаимодействия.

Подобные колебания, которые можно было бы назвать аргументными, осуществлены авторами на ряде опытных устройств (¹), из которых рассматривается одно: рамка, питаемая от сети переменного тока, совершает колебательное движение; при этом только средний проводник рамки многократно пересекает поле постоянного магнита (рис. 1).

Пусть d — ширина зоны взаимодействия, v_0 — начальная скорость влета рамки в зону взаимодействия, τ_0 — невозмущенное время пролета рамки через зону, $\tau_0 \approx d/v_0$.

Если наложить на τ_0 условие $1/2 T < \tau_0 < T$ (T — период переменной силы), то в широком интервале значений ширины зоны d , индукции поля B и силы тока, проходящего по рамке, можно обеспечить определенный вклад энергии в колебательный процесс и установление устойчивых незатухающих колебаний рамки на собственной частоте. К такому выводу можно прийти и на основе следующих соображений. Примем для упрощения $\tau_0 = 3/4 T$. Пусть фаза влета в зону взаимодействия равна нулю. В результате однократного пролета имеем положительный вклад энергии и укорочение времени пролета. При начальной фазе $\varphi = \pi$ имеем удлинение вре-

мени пролета и отрицательный вклад (отбор) энергии, который, однако, по модулю меньше вклада при $\varphi = 0$. Парно взятые два такие пролета дают положительный вклад энергии.

При несоизмеримости частот собственных колебаний рамки-маятника и переменного поля все начальные фазы влета равновероятны. Поэтому можно провести аналогичные рассуждения для любых других, парно взятых пролетов с начальными фазами φ и $\varphi + \pi$, причем имеет место преимущественный вклад энергии.

При запуске системы с некоторой высоты «вбрасывания» рамка-маятник после нескольких затухающих колебаний входит в устойчивый автоколебательный режим с постоянной, в среднем, амплитудой. Такие колебания весьма устойчивы и наблюдались на протяжении суток без каких-либо стабилизирующих устройств (по частоте и амплитуде тока).

Варьируя скорость влета путем изменения высоты вбрасывания, можно получить, наряду с основным колебанием, ряд неосновных колебаний с дискретными амплитудами, для которых невозмущенное время пролета τ должно удовлетворять условию

$$\tau = \tau_0 + Tn, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

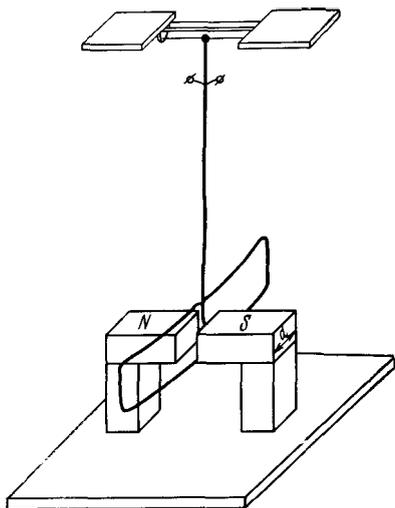


Рис. 1

Все приведенные рассуждения можно повторить для времени пролета, удовлетворяющего условию $0 < \tau_0 < 1/2T$, где имеется преимущественное торможение (генераторный режим).

Эксперимент подтвердил, что в колебательном режиме рамка получает энергию благодаря изменению времени пролета. Таким образом, нелинейное воздействие гармонической силы может быть использовано для саморегулирования вклада энергии, обеспечивающего устойчивость колебаний. После установления устойчивых незатухающих колебаний напряжение, подводимое к рамке, изменялось нами в десятки раз и при этом амплитуда колебаний маятника практически оставалась неизменной.

Будучи достаточно общим, рассмотренный вид колебаний может быть использован для осуществления колебательного, генераторного⁽²⁾ и преобразовательного режимов.

Владимирский государственный
педагогический институт
им. П. И. Лебедева-Полянского

Поступило
5 X 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Авт. свид. № 344404; Бюлл. изобр., № 21 (1972). ² С. М. Рытов, ЖТФ, 3, в. 7 (1933).