

силы и параметрами системы. Наиб. значение амплитуда $B. к.$ достигается при приближении частоты внеш. силы к значению частоты собственных колебаний ω_0 системы, когда наступает *резонанс*.

При периодической, но негармонической внеш. силе $B. к.$ в линейной системе представляют собой суперпозицию колебаний, соответствующих отдельным гармоникам, составляющим внеш. силы.

В линейных связанных системах со m степенями свободы характер $B. к.$ усложняется, в частности возбуждение $B. к.$ и резонансные явления наступают при приближении частоты внеш. силы к одной из частот нормальных колебаний. При этом возможны случаи, когда резонанс на нек-рых нормальных частотах отсутствует, — это имеет место, если внеш. сила «ортогональна» собствен. колебанию, т. е. приложена т. о., что колебания с соответствующей конфигурацией не возбуждаются (напр., сила приложена в узле колебания).

$B. к.$ в линейных распределённых системах, обладающих бесконечным числом степеней свободы, сохраняют типичные черты $B. к.$ в системах со m степенями свободы. При частоте внеш. воздействия ω , совпадающей с одной из собствен. (нормальных) частот ω_n системы, имеет место резонансное нарастание амплитуды колебаний с частотой ω_n , тем большее, чем меньше затухание δ . В безграничной линейной распределённой системе со сплошным спектром бегущих нормальных волн $E_k \sim \sim E_{k0} \exp[-i(kx - \omega t)]$ и волновыми числами, определяемыми дисперсионным ур-нием $k = k(\omega)$, резонансное возбуждение соответствует близости (равенству) фазовых скоростей одной из нормальных волн среды и волны возбуждающей силы («пространственный» резонанс или синхронизм).

При действии внеш. силы на нелинейную систему характер имеющихся в системе колебаний существенно сложнее. Так, наряду с колебаниями, имеющими частоту внеш. силы, здесь могут появиться колебания др. частот, напр. возможно возникновение разл. гармоник внеш. силы, параметрич. возбуждение субгармоник и даже возбуждение автоколебаний. «Нелинейному резонансу» присуща зависимость резонансной частоты от амплитуды колебаний, возможность скачкообразного изменения амплитуды колебаний при медленном изменении частоты. Спектр колебаний в нелинейной системе может значительно отличаться от спектра внеш. воздействия и даже может стать сплошным, несмотря на монохроматичность внеш. воздействия (см. *Стохастические колебания*). Сложность колебаний в нелинейной системе при действии внеш. сил даёт возможность выделить в таких системах класс $B. к.$ только в простых частных случаях; в общем случае в нелинейных системах разделение $B. к.$ и др. видов колебаний теряет смысл.

Лит.: Стрелков С. П., Введение в теорию колебаний, 2 изд., М., 1964; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Механика, 3 изд., М., 1973; Хаяси Т., Нелинейные колебания в физических системах, пер. с англ., М., 1968; Мандельштам Л. И., Лекции по теории колебаний, М., 1972; Основы теории колебаний, М., 1978; Рабинович М. И., Трубецков Д. И., Введение в теорию колебаний и волн, М., 1984.

ВЫПРЯМИТЕЛЬ — устройство для преобразования перем. тока (напряжения) в постоянный. Осн. элемент $B.$ является нелинейный элемент (вентиль). В качестве нелинейного элемента используют управляемые вентили (*тиристоры*) или неуправляемые (диоды). В зависимости от характера нагрузки определяют выходные параметры $B.$: значение выпрямленного напряжения или тока u_0, J_0 ; амплитуду и частоту 1-й гармоники выходного тока J_1, ω ; коэф. пульсаций $k_n = J_1/J_0$; выходное сопротивление; нагрузочную характеристику $u_0(J_0)$. $B.$ классифицируют по след. признакам: числу фаз первичной и вторичной обмоток трансформатора; схеме соединения вентилей и форме выпрямленного напряжения (тока).

Простейшей схемой $B.$ является однополупериодная схема с резистивной нагрузкой R (рис. 1, а). Вентиль

D обладает конечным, но очень малым сопротивлением в одном направлении ($u > u_{пор}$) и очень большим — в другом ($u < u_{пор}$). При воздействии синусоидальной эдс $e(t) = E \sin(\omega t)$ ток в выходной цепи имеет вид синусоидальных импульсов с амплитудой J_m (рис. 1, б),

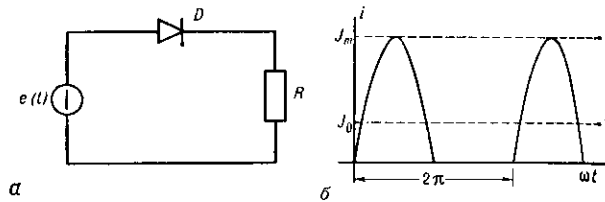


Рис. 1. Простейший выпрямитель: а — схема; б — временная диаграмма выходного тока.

содержащих пост. составляющую $J_0 = J_m/\pi$, 1-ю гармонику, соответствующую частоте выпрямляемого напряжения, $J_1 = J_m/2$, кратные ей гармоники с частотами $n\omega$. Характер нагрузки выбирается из расчёта макс. подавления всех переменных составляющих. В простейшем случае это может быть сделано с помощью ёмкости C , включённой параллельно R . Если постоянная времени $\tau = RC$ велика по сравнению с периодом $T = 2\pi/\omega$, то амплитуда пульсаций выходного напряжения мала и можно считать $u_{вых}(t) \approx u_0 = J_0 R$. Недостатками однополупериодных $B.$ являются низкий уровень выпрямленного напряжения, значит. коэф. пульсаций при реальных значениях параметров, большое обратное напряжение на вентиле ($u_{обр} \approx 2E$), поэтому они используются только в маломощных устройствах ($J_0 < 10$ мА). Для улучшения показателей $B.$ применяют схему со ср. точкой (рис. 2, а). Диаграмма тока в выходной цепи

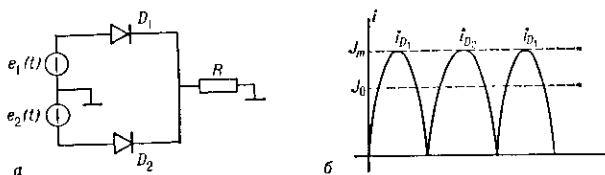


Рис. 2. Двухполупериодный выпрямитель: а — схема; б — временная диаграмма выходного тока.

изображена на рис. 2, б. Постоянная составляющая выходного тока $J_0 = 2J_m/\pi$, частота основной гармоники равна 2ω . Схема со ср. точкой используется в двухполупериодных $B.$, у к-рых коэф. пульсаций и выходное сопротивление снижаются примерно в 2 раза. Ещё лучшими показателями обладают схемы выпрямления многофазного тока, т. к. при этом уменьшается величина пульсаций и возрастает их частота, а следовательно, облегчается задача выбора ёмкости. При числе фаз m значения постоянной составляющей выпрямленного тока, обратного напряжения на вентиле и коэф. пульсаций равны:

$$J_0 = m\pi^{-1} \sin(\pi/m) J_m;$$

$$u_{обр} \approx 2,1E \sin(\pi/m);$$

$$k_n \approx 2/(m^2 - 1),$$

где $m = 2, 3 \dots$. Широко распространены также мостовые схемы, удобные для двухполупериодных $B.$ (рис. 3). Для увеличения выходного напряжения используют схемы с умножением выпрямленного напряжения при помощи конденсаторов, к-рые способны накапливать и в течение нек-рого времени сохранять электрич. заряд. Для уменьшения величины пульсаций применяют сглаживающие фильтры (см. *Фильтры электрические*).

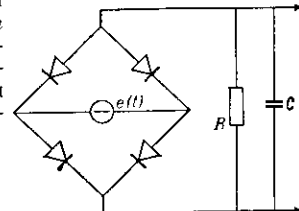


Рис. 3. Мостовая схема выпрямителя.