

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВИБРАТОРОВ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ

Ю. Я. КОВЫЛИН

Для проверки результатов теоретических исследований электромагнитных вибраторов, изложенных в работах [1—5], нами была создана экспериментальная установка. Общий вид ее показан на рис. 1.

Стандартный звуковой генератор 1 типа ГЗ-2, являясь источником переменного электрического напряжения калиброванных частот, служит задающим генератором. Его выход соединяется со входом оригинального высококачественного усилителя 2 с неискаженной мощностью до 0,5 квт.

Выходная ступень усилителя выполнена по двухтактной схеме. В каждом ее плече работает по две лампы типа ГМ-70. В цепях управляющих и экранирующих сеток выходных ламп содержатся переключаемые RC цепочки. Это позволяет в широких пределах регулировать форму кривой электрического напряжения на выходе усилителя, которую можно наблюдать визуально на экране лучевого осциллографа 3, например, типа СИ-1.

Для питания анодов и экранирующих сеток выходных ламп служат два универсальных источника питания 4 типа УИП-1, выход которых соединен последовательно. При нагрузке до 0,2 квт возможна работа от одного УИП-1. Цепи накала всех ламп усилителя мощности питаются постоянным током от автономного стабилизированного источника питания, размещенного на общем шасси с усилителем. Это позволяет устранить составляющую 50 гц на выходе усилителя, мешающую при испытаниях вибраторов, имеющих собственную частоту колебаний упругой системы около 50 гц (вибраторы с такой настройкой имеют в настоящее время в приборо- и машиностроении широкое применение).

Величина накального напряжения контролируется вольтметром, установленным в средней части передней панели усилителя. Слева и справа от него на той же панели установлены вольтметр и амперметр, служащие для глубокого контроля за эффективными значениями напряжения на выходных зажимах усилителя и силой тока, потребляемой обмотками испытуемого электромагнитного вибратора. Более точное измерение указанных электрических величин осуществляется с помощью астатических многопредельных вольтметра и амперметра 5 и 6.

Экспериментальный электромагнитный вибратор 7 отдельно показан на рис. 2. Он состоит из электромагнита 1, выполненного на Ш-образном сердечнике, собранном из лакированных пластин УШ-32 качественной электротехнической стали. Катушка магнита — сменная. Это обеспечивает возможность проведения опытов при различных числах витков и диаметрах сечения обмоточного провода.

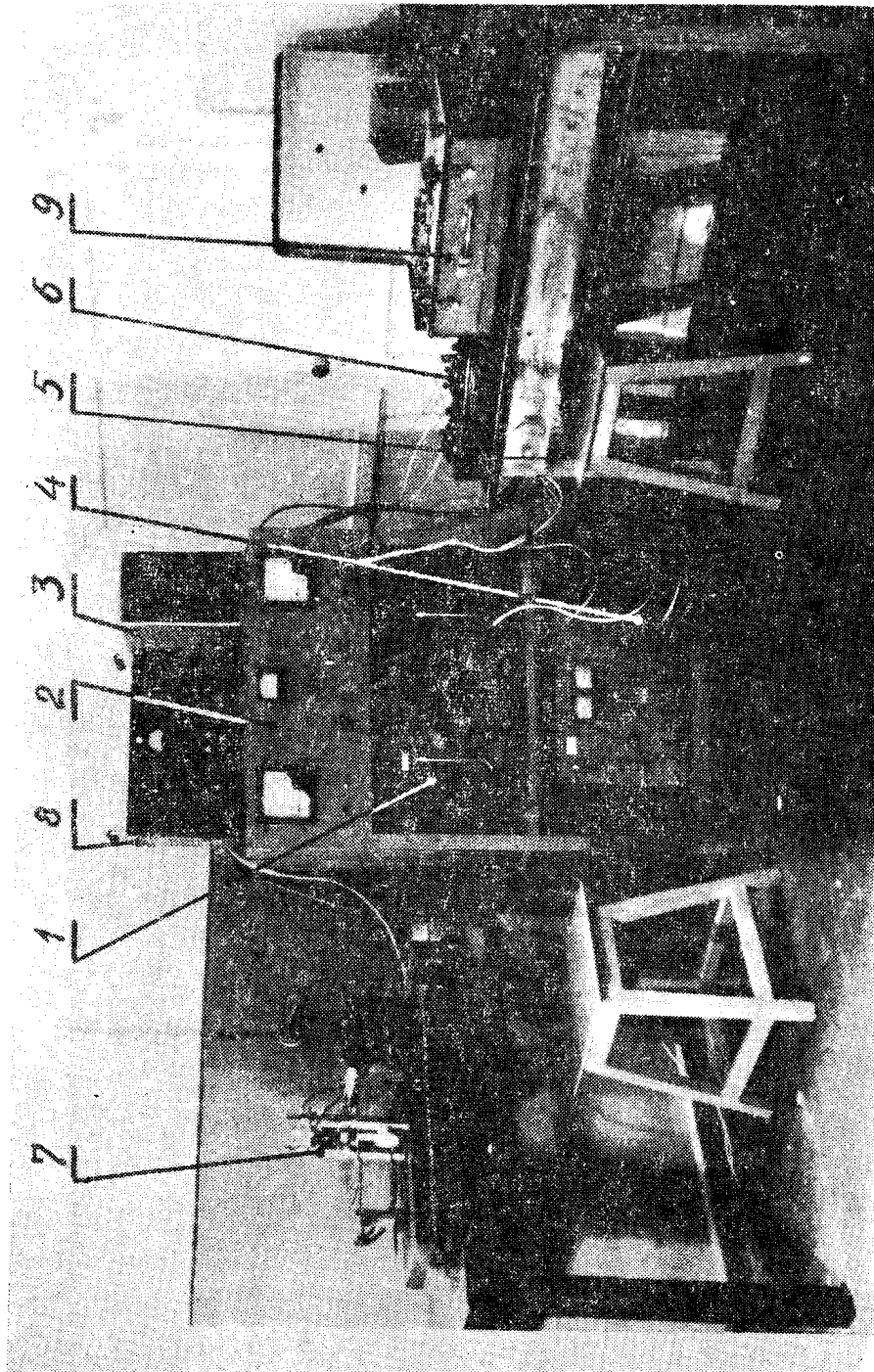


Рис. 1

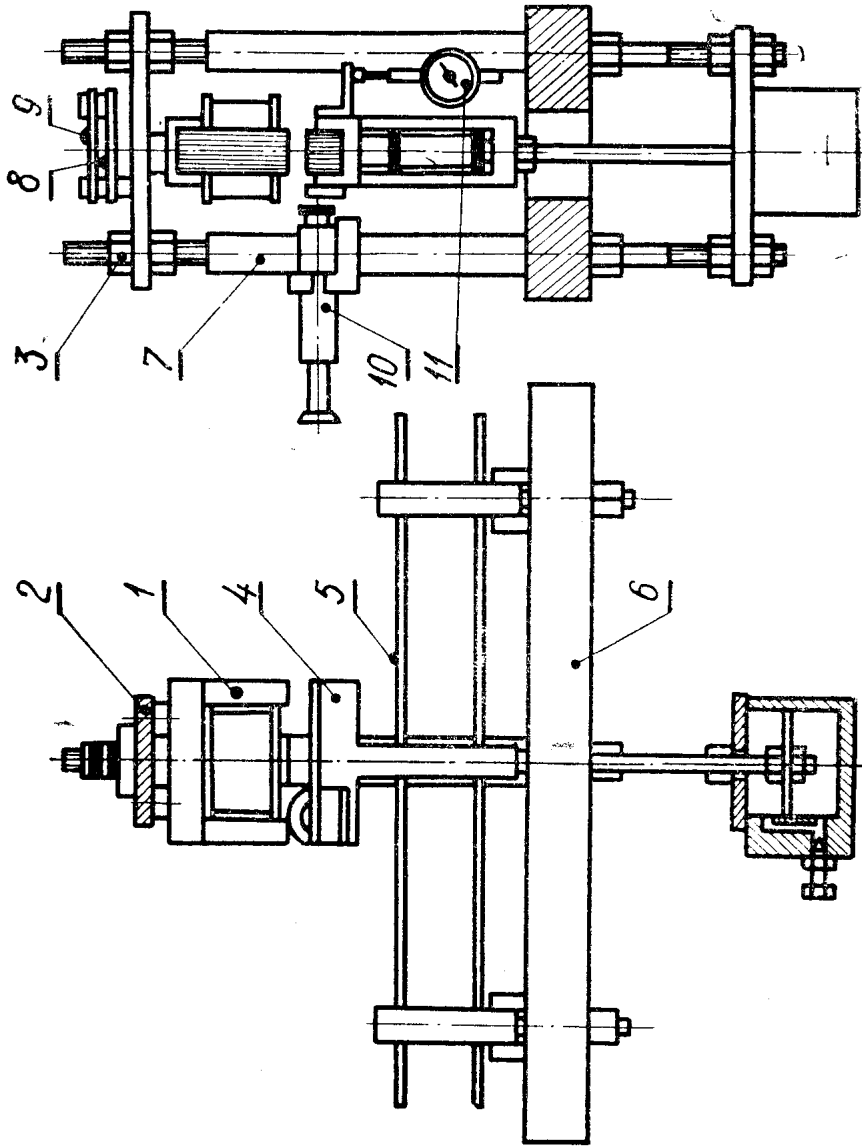


Рис. 2.

Электромагнит подвешен к стальной измерительной балке 2, концы которой зажаты между торцами гаек 3. С помощью этих же гаек регулируется величина воздушного зазора между электромагнитом и якорем 4. Последний представляет собой набор прямоугольных лакированных пластин, изготовленных также из той же стали, что и сердечник электромагнита, и закрепленных в рамке, жестко связанной с двумя пластинчатыми пружинами 5. Концы этих пружин защемлены в вертикальных стойках, закрепленных на том же массивном чугунном основании 6, что и колонны 7, несущие измерительную балку 2. Якорь снабжен регулируемым гидравлическим демпфером, благодаря чему имеется возможность моделировать силы неупругих сопротивлений в вибраторе и обеспечивается большая стабильность амплитуд колебаний якоря в околорезонансных режимах работы вибратора.

Толщина пластинчатых пружин 5 и расстояние между стойками может изменяться. Тем самым можно получить различные значения жесткости упругих связей. Колонны 7 выполнены из магнитонепроводящей нержавеющей стали, чтобы не возникали обходные пути для магнитного потока в вибраторе. В рабочем положении основание 6 опирается на мягкие резиновые амортизаторы.

Мгновенные усилия, развиваемые электромагнитным вибратором при его работе, измеряются с помощью проволочных тензодатчиков, наклеенных в виде полумоста на измерительную балку 2. Последовательно с рабочими тензодатчиками включены по одному дополнительному тензодатчику, наклеенному на компенсационную балочку 8. Параметры последней подобраны так, чтобы подавлялись помехи, имеющие место за счет кинематического возмущения измерительной балки от вибрации основания 6.

Высокочастотные составляющие вибрации измерительной балки, возникающие за счет резонансов ее на высших гармониках возмущающей силы, подавляются П-образным LC фильтром, предусмотренным в канале регистрации силы.

Паразитные резонансы компенсационной балочки подавляются демпфером 9, выполненным в виде пластинки из пластика.

Другой полумост из проволочных тензодатчиков наклеен на верхней пластинчатой пружине 5 и служит для регистрации вибрационного смещения якоря путем измерения механических напряжений в этих пружинах, возникающих при отклонении якоря от положения равновесия.

Оба полумоста включены на вход тензометрической станции 8 (рис. 1) типа 8АНЧ-7м. Усиленный станцией сигнал регистрируется на киноленте шлейфным осциллографом 9 типа Н-102. На той же пленке одновременно записываются мгновенные значения силы тока, потребляемого обмоткой электромагнита и электрического напряжения на выходных клеммах усилителя мощности, а также метки времени (500 μc).

Размах колебания якоря вибратора относительно электромагнита может определяться по ширине светящейся полоски, видимой на фоне отсчетной шкалы в поле зрения инструментального микроскопа 10 типа МИР-1 с ценой деления 0,05 мм. Для этого к якорю прикреплена пластинка из плексигласа, на боковой поверхности которой, обращенной к микроскопу, нанесена тончайшая риска, ярко светящаяся при верхнем освещении.

Индикатор часового типа 11 служит для измерения статического смещения якоря при тарировании регистрирующей аппаратуры. При работе вибратора он снимается.

Усилители тензостанции 8АНЧ-7м были укомплектованы новыми радиолампами. После этого тензостанция была подвергнута «тренировке» одновременно с испытуемым вибратором в течение 24 часов. Этого оказалось достаточно, чтобы в дальнейшем при проведении эксперимен-

тов «нули» не сползали в течение 6 часов непрерывной работы вибратора. Каждый день станция прогревалась после включения в течение 2-х часов. Таким образом, с точки зрения стабильности работы тензостанция 8 АНЧ-7м (в авиационном исполнении) заслуживает самой высокой оценки. Наоборот, самой низкой оценки заслуживает шлейфный осциллограф Н-102 Ленинградского завода «Вибратор», который будучи новым, оказался совершенно непригодным для серьезного применения и потребовал большого объема ремонтно-наладочных работ прежде, чем достиг паспортных параметров.

Перед проведением испытаний установка тщательно тарировалась. Посредством гирь, накладываемых на специальную стремянку, подвешиваемую к электромагниту, тарировался канал регистрации силы в делениях шкалы осциллографа Н-102. Путем затягивания гайки, навинченной на шток гидравлического демпфера, смещался якорь. Величина смещения определялась по индикатору *II* и в де-

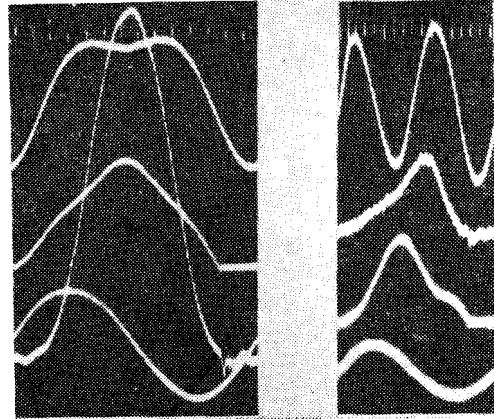


Рис. 3а

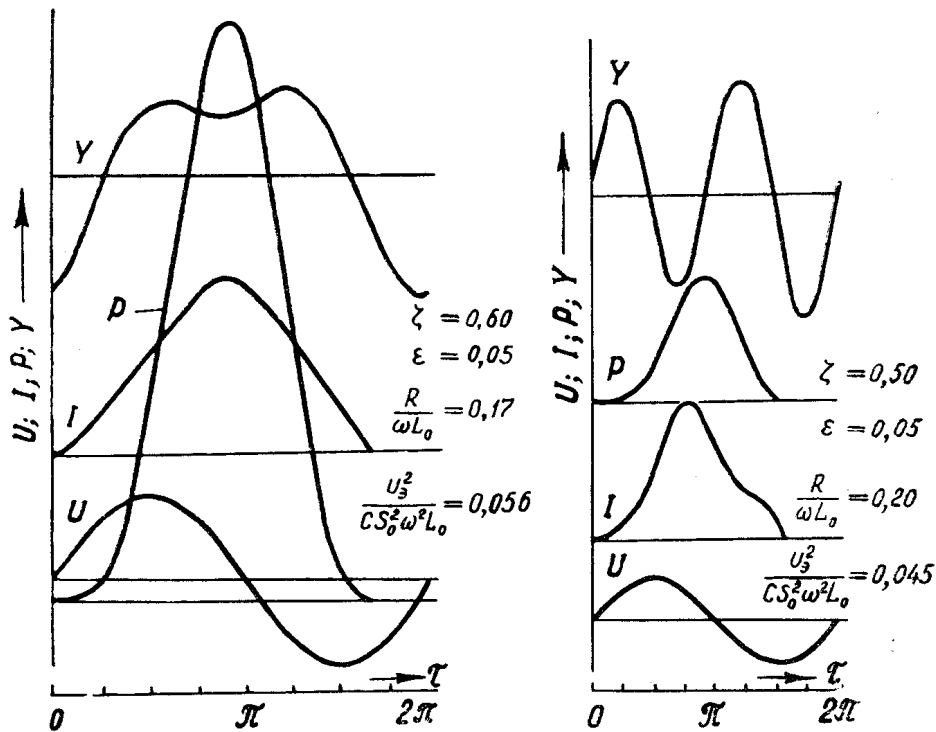


Рис. 3б

лениях шкалы осциллографа. В делениях той же шкалы оценивались значения электрического напряжения на зажимах вибратора (до выпрямителя).

При тарировке установлено, что принятые размеры пластинчатых пружин обеспечивают линейность упругой силы в пределах колебаний якоря с амплитудой до 2,5 мм; с превышением этого значения наблюдается лишь очень незначительная нелинейность, характерная для «жестких» пружин. Это дает возможность сопоставить результаты экспериментов с упомянутыми в начале статьи теоретическими исследованиями вибраторов, выполненными в предположении линейности характеристик механических упругих связей колебательной системы вибратора.

Эксперименты подтвердили приемлемость всех основных допущений, лежащих в основе этих работ.

На рис. 3а и 3б для примера показаны две осциллограммы процессов в электромагнитном вибраторе, зафиксированные экспериментально, и расчетные кривые, полученные по методу, изложенному в работе [1]. Параметры вибратора и настройки его колебательной системы, влияющие на процессы, выписаны на полях расчетных осциллограмм (в обозначениях работы [1]).

В статье [2] дается пример осциллограммы для третьего (околорезонансного) режима работы, полученный также на описанной установке и подтверждающий приемлемость изложенного там метода расчета вибратора для околорезонансных режимов.

Хорошее совпадение опытных и расчетных кривых всех основных внутренних процессов, протекающих в вибраторе, обеспечивает и хорошее согласование внешних его характеристик. Подтверждаются выводы [1], [2] и [3] о том, что при малом активном сопротивлении в цепи питания обмотки магнита от источника синусоидального напряжения как при отсутствии диода в этой цепи, так и при его наличии, амплитудно-частотные кривые вибратора имеют вид, характерный для обычной линейной колебательной системы с одной степенью свободы.

Также подтверждаются результаты [4], [5], состоящие в том, что при питании обмотки от источника тока (случай большого активного сопротивления в цепи питания обмотки магнита) максимумы амплитудно-частотных кривых смещаются влево и тем сильнее, чем больше амплитуда колебания якоря. При дорезонансных настройках колебательной системы появляется в этом случае область неустойчивых колебаний.

Хорошо подтверждаются теоретические данные по энергопотреблению вибратора, приведенные в статье [2].

В создании описанной экспериментальной установки большую помощь автору оказал студ. Л. Н. Дроздов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Я. Ковылин. К основам теории однопериодных электромагнитных вибраторов с однопериодным выпрямителем (настоящий сборник).
2. Ю. Я. Ковылин, С. И. Басов. Взаимодействие электромагнитного вибратора с источником синусоидального напряжения. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Новосибирск, Изд. СО АН СССР, № 4, 1965.
3. Ю. Я. Ковылин. Колебания электромагнитного вибратора, работающего от источника синусоидального напряжения без выпрямителя. Томск, Изв. ТПИ, т. 139, 1965.
4. Ю. Я. Ковылин. К вопросу о характере амплитудно-частотных кривых электромагнитного вибратора, работающего от источника пульсирующего тока. Томск, Изв. ТПИ, т. 139, 1965.
5. Ю. Я. Ковылин. Упругие колебания ферромагнитного тела в поле одного магнита. Изв. вузов СССР, «Электромеханика». Новочеркасск, № 5, 1968.