

## ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИЙ

Г. С. ЖАРТОВСКИЙ, Г. П. ЦЕЛИЩЕВ

(Представлена кафедрой горных машин, рудничного транспорта и горной механики)

Работа многих машин и механизмов, в том числе и механизмов ударного действия, сопровождается интенсивными низкочастотными вибрациями, при которых величина перегрузок достигает  $10 g$  и более. Задача измерения вибраций с такими перегрузками и частотным диапазоном в интервале примерно от 10 до 60—70 *гц* может быть решена с помощью сейсмических датчиков, работающих в режиме виброметра, т. е. обладающих частотой резонанса не выше десяти герц. Но в тех случаях, когда требуются датчики повышенной надежности, могущие работать в условиях случайных ударов, встрясок и т. д., лучше использовать акселерометрический (дорезонансный) режим. При этом резко ослабляется чувствительность датчика, так как в этом режиме она обратно пропорциональна квадрату собственной частоты. Достаточно надежные в механическом отношении пьезодатчики для решения этой задачи использовать затруднительно, так как у большинства пьезоакселерометров нижняя граничная частота лежит в пределах 30—60 *гц*. Корректировка же частотной характеристики и двукратное интегрирование сигнала могут потребовать громоздкого электронного оборудования, что в цеховых условиях не всегда приемлемо. Поэтому для разработки виброметра с пределами измерения амплитуды вибро смещений 0,01—1,0 *мм* был использован магнитоэлектрический датчик с маятниковым подвесом на упругом шарнире типа «крест пружин» со следующими данными: собственная частота сейсмической системы  $f_0=138$  *гц*, чувствительность по скорости  $S_V=8$  *мв/мм гц*, степень успокоения  $\beta=0,05$ . Таким образом, выходной сигнал датчика практически вплоть до 55 *гц* пропорционален третьей степени частоты вибраций. Чтобы он был постоянным при неизменном значении амплитуды вибро смещения, необходимо его трехкратное интегрирование. Известно, что при интегрировании выходной сигнал ослабляется, поэтому его необходимо усиливать, чтобы в последующем можно было производить измерения стрелочным прибором. Датчик выполнен в корпусе из твердого алюминиевого сплава. Крепление датчика к объекту осуществляется резьбой в приливе корпуса. Замкнутая магнитная система и экранированный шнур длиной 3 м защищают катушку преобразователя от внешних магнитных полей.

Принципиальная электрическая схема прибора приведена на рис. 1. Сигнал от датчика поступает на две интегрирующие *RC*-цепи, а третья цепь включена на выходе усилителя, так как ослабление сигнала при

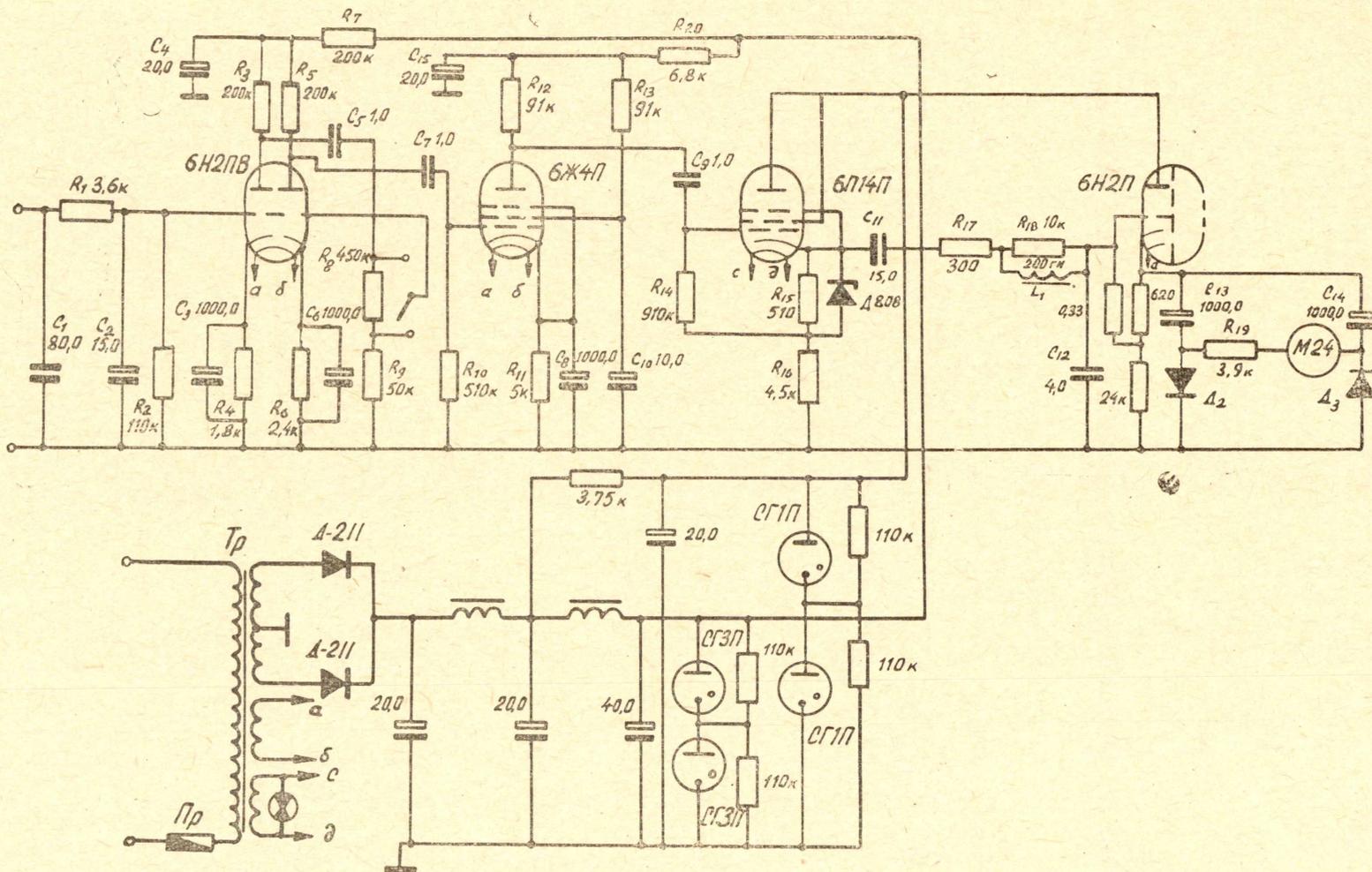


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема прибора

трехкратном интегрировании настолько значительно, что полезный сигнал уже становится соизмеримым с уровнем шумов ламп усилителя. В качестве интегрирующего сопротивления первой цепи использовано сопротивление катушки датчика. Для согласования входного сопротивления второй цепи с максимальным выходным сопротивлением первой значение  $R_1$  выбрано 3,6 ком. После двух цепочек сигнал усиливается тремя каскадами усилителя, собранного на лампах 6Н2ПВ и 6Ж4П. Чтобы высокоомный выход третьего каскада не шунтировался низкоомной нагрузкой третьей интегрирующей цепи, связь осуществлена с помощью катодного повторителя, собранного на лампе 6П14П, обладающей достаточно большой крутизной ( $S=11 \text{ ма/в}$ ) и большим раствором сеточной характеристики. Последнее особенно важно, так как уровень сигнала на сетке достигает 30 в. Чтобы максимально ослабить отрицательные обратные связи по току, в первых трех каскадах сопротивления автоматического смещения  $R_4$ ,  $R_6$  и  $R_{11}$  шунтированы конденсаторами большой емкости  $C_3$ ,  $C_6$  и  $C_8$ . Для ослабления взаимного влияния каскадов, а также сглаживания пульсаций анодного напряжения питания в схему включены фильтры  $R_7C_4$  и  $R_{20}C_{15}$ .

Третья интегрирующая цепь  $R_{18}C_{12}$  путем добавления индуктивности  $L_1$ , параллельной сопротивлению  $R_{18}$ , выполняет роль корректирующего звена, поднимающего частотную характеристику усилителя на низких частотах, начиная примерно с 15 гц и ниже. Коррекция частотной характеристики получается за счет того, что контур  $L_1C_{12}$  обладает частотой резонанса, лежащей в зоне нижней границы частотного диапазона измерения.

Связь между регистрирующим звеном и выходом усилителя осуществляется через катодный повторитель, собранный на одной половине лампы 6Н2ПВ. Регистрирующее звено состоит из полупроводниковых диодов  $D_2$  и  $D_3$ , конденсаторов большой емкости  $C_{13}$ ,  $C_{14}$ , ограничительного сопротивления  $R_{19}$  и стрелочного прибора М-24 и собрано по схеме двойного «параллельного» детектора, имеющего разную полярность выходных сигналов. У «параллельного» детектора выходное напряжение пропорционально пиковому значению измеряемого сигнала, если постоянная времени цепи  $\tau = R_{19}C_{13}$  значительно больше периода сигнала. Разность выходных напряжений (ей пропорционален ток прибора) будет равна размаху входного сигнала, если каждое выходное напряжение «параллельных» детекторов равно соответственно положительному и отрицательному значениям пиковой величины сигнала.

Прибор рассчитан на сетевое напряжение 220 в; его блок питания состоит из трансформатора, двухполупериодного выпрямителя на полупроводниковых диодах Д-211, ряда сглаживающих фильтров и газовых стабилизаторов напряжения СГ1П и СГ3П. Весь диапазон измерения вибро смещений разбит на два предела: 0,01—0,1 мм и 0,1—1,0 мм. Это осуществлено ступенчатой регулировкой коэффициента усиления сопротивлениями  $R_8$  и  $R_9$ .

Амплитудно-частотная характеристика электронного блока совместно с датчиком показана на рис. 2. Как видно из характеристики,

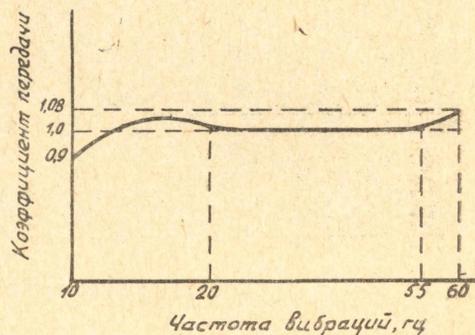


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика прибора

в диапазоне частот 10—60 гц ее неравномерность составляет —  $10 \div 8\%$ . Подъем характеристики, начиная с 55 гц, объясняется тем, что датчик недоуспокоен, поэтому кубическая зависимость выходного сигнала датчика при постоянном по величине вибросмещении сохраняется примерно до 55 гц, а выше по частоте сигнал начинает расти интенсивнее. Необходимо отметить, что успокоение датчика происходит не только за счет наводимых в каркасе катушки вихревых токов, но и за счет эффекта шунтирования обмотки емкостью  $C_1$ , но чем выше собственная частота, тем успокаивать систему труднее, так как степень успокоения датчика обратно пропорциональна первой степени собственной частоты.

Экспериментальная проверка работоспособности прибора, фотография общего вида которого помещена на рис. 3, показала, что прибор

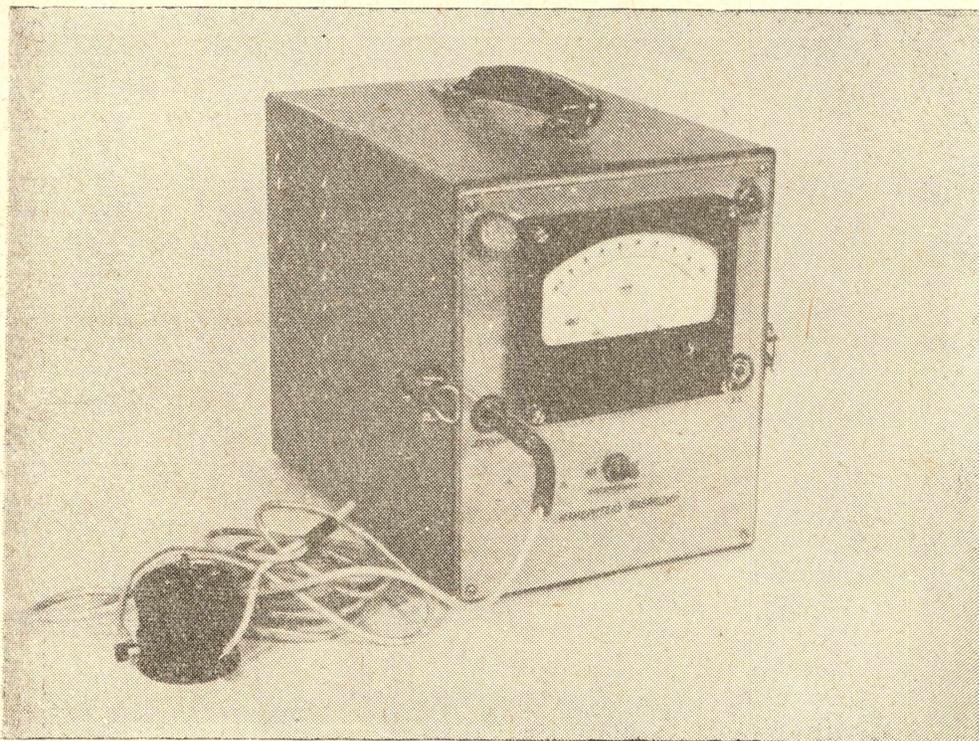


Рис. 3. Общий вид прибора с вибродатчиком

стабильно обеспечивает гарантируемую точность измерений вибросмещения в пределах  $\pm 10\%$  и достаточно прост при эксплуатации. Чтобы можно было наблюдать форму измеряемого процесса, на лицевой панели прибора предусмотрен выход на электронный осциллограф. Прибор переносного типа. Его вес примерно 5 кг.