

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУММЕТРА ВИТ-2 ПРОСТЫМИ СРЕДСТВАМИ

А.Ф. НЕБЕСНЫЙ, Д.О. ЮЛДАШЕВ, Э. Х. НОРМАТОВ

ИЯФ АН РУз, г. Ташкент

Для измерения вакуума, в свое время получил широкое распространение комбинированный прибор Вакуумметр Ионизационно-Термопарный (ВИТ-2). Нами рассматривается высоковакуумная часть этого прибора.

Измерение высокого вакуума производится с помощью лампы - преобразователь манометрический ионизационный (ПМИ-2). Ионный ток ионизационного преобразователя, являющийся результатом ионизации, очень мал ($10^{-4} - 10^{-9}$ А) и непосредственно измерен быть не может. Поэтому, исходно, в вакуумметре использован электрометрический усилитель постоянного тока с выходом на стрелочный прибор, градуированный по току. Основная проблема измерения сверхмалых токов в приборе ВИТ-2 это преобразование измеряемого тока лампы ПМИ-2 в напряжение на резисторе $100 \text{ М}\Omega$ (10^8 Ом), и последующее усиление на лампе ЭМ-10. Это специальная электрометрическая лампа, срок службы которой ограничен временем работы 2000 часов из-за потери эмиссии катода, а также из-за её чувствительности к поверхностным загрязнениям лампы измерительный блок находится в закрытом боксе. Усиленный сигнал с анодного резистора $10 \text{ М}\Omega$, этой же лампы, поступает на катодный повторитель на лампе 1Ж24Б. Далее сигнал поступает на операционный усилитель на транзисторах. Усиленный по току (по мощности) сигнал с выхода эмиттера транзистора КТ837Ф поступает на резистор обратной связи $100 \text{ М}\Omega$, а также через набор резисторов R1-R6, через галетный переключатель в режиме “измерение”, поступает на стрелочный микроамперметр типа М903/1 с максимальным значением шкалы 100 мкА . По показаниям стрелочного микроамперметра вычисляется давление в системе, соответствующее ионному току ПМИ-2, по формуле:

$$P = C \times I_u \quad (1),$$

где P – давление, мм.рт.ст., I_u – ионизационный ток преобразователя в единицах Ампер, C – постоянная преобразователя, мм.рт.ст./А. Для ПМИ-2 $C=870 \pm 170 \text{ мм.рт.ст./А}$ при токе эмиссии $I_u = 50 \text{ мкА}$ ($50 \times 10^{-6} \text{ А}$).

Обоснование замены электрометрической лампы ЭМ-10. Обладая очень большим выходным сопротивлением лампа ПМИ-2 является источником тока по отношению к усилителю. Поэтому, в отличие от используемой в ВИТ-2 традиционной

схемы усилителя напряжения на лампе ЭМ-10, мы, в качестве входного каскада используем классическую схему *преобразователя ток-напряжение* с входным сопротивлением $R_{gx}=0$, на базе микросхемы прецизионного операционного усилителя (ОУ). При этом никакие изменения не вносятся в схему прибора.

Ток сигнала $i_{вх}$ (коллектор лампы ПМИ-2) втекает в инвертирующий вход ОУ. Поскольку входной ток идеального ОУ равен нулю, весь втекающий в указанный узел ток от источника тока должен компенсироваться встречным током, протекающим через резистор $R=100M\Omega$ в цепи обратной связи. Этот ток создает на резисторе R падение напряжения U пропорциональное току источника $i_{вх}$ и величине сопротивления R , $U \sim i_{вх}R$. Так как резистор R потенциально “заземлен”, падение напряжения по величине равно выходному напряжению операционной схемы:

$$u_{вых} = - i_{вх} \times R \quad (2)$$

Знак минус отражает выбранные направления токов. В соответствии с этим уравнением входной ток $i_{вх}$ преобразуется в пропорциональное выходное напряжение $u_{вых}$.

Потенциальное “заземление” инвертирующего входа приводит к тому, что ОУ выступает по отношению к источнику тока как короткозамкнутая цепь на входе. При этом операционная схема ведет себя как *идеальный приемник тока* с нулевым внутренним сопротивлением по отношению к источнику сигнала, а по отношению к нагрузке операционная схема ведет себя как *идеальный источник напряжения*, обладающий нулевым выходным сопротивлением.

Схемотехнические решения. Модернизация оказалась очень простой см. рис.1. Без изменения схемы подключения лампы ПМИ-2, а также без изменения других цепей, с помощью одного ОУ удалось заменить две вакуумные радиолампы. В качестве усилителя преобразователя *ток-напряжение*, выбран прецизионный ОУ типа К140УД17 (аналог ОР07) с $U_{max}=\pm 18$ В. Для питания ОУ, использована обмотка трансформатора, от которой ранее запитывался стабилизатор питания накала ламп. Для получения двухполярного напряжения питания от обмотки трансформатора (выводы 5 и 6 силового трансформатора), с расщеплением и привязкой к земле, разработана схема параллельного стабилизатора на одном высоковольтном ОУ типа К1408УД1, двух комплементарных транзисторах КТ315 и КТ361 и делителе напряжения на входе ОУ на прецизионных резисторах С2-13-0,25. В результате применения данной схемы было получено двухполярное напряжение ± 17 В.

В данное время модернизированный вакуумметр ВИТ-2 активно эксплуатируется в штатном режиме уже в течение длительного времени. Нареканий на работу нет.

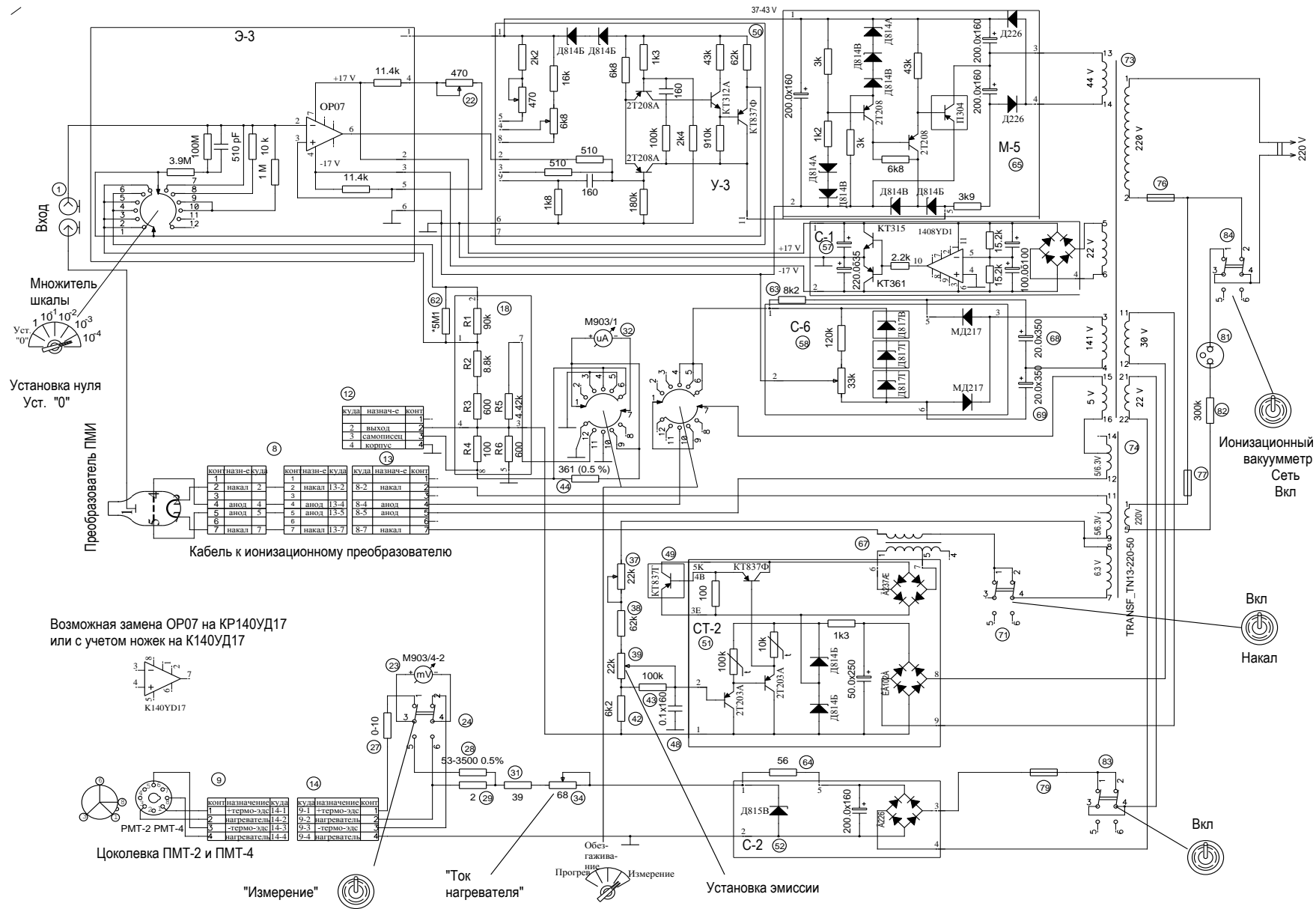


Рис.1 Модернизированная принципиальная схема вакуумметра ионизационного термопарного ВИТ-2