

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ СЧЕТЧИК АЭРОИОНОВ С ПЕРФОРЕГИСТРАТОРОМ

В. Я. Ирд

Длительное систематическое исследование атмосферной ионизации мыслимо лишь с применением автоматической аппаратуры, как, например, в работе Прюллера [1]. Независимо от того, с какой целью проводятся эти исследования или где находят применение их результаты, данные измерения спектра аэроионов нуждаются в математической обработке, которую целесообразно проводить на электронной вычислительной машине.

Известно немало работ, где описаны автоматические устройства для регистрации ионизации атмосферы.

В работе [2] описан счетчик аэроионов со струнным электрометром и фоторегистратором. Перемещение указателя электрометра регистрировалось на фотобумагу. Принципиально аналогичная аппаратура описана также в работе [3].

В ряде работ [1, 4, 5] данные измерений регистрируются в виде графиков на бумажной ленте с помощью точечного электрического самопишущего прибора.

При изучении ионизации атмосферного воздуха целесообразно одновременно с измерением концентрации аэроионов регистрировать и другие характеристики состояния атмосферы. Например, в работе [2] шестикрасочным самописцем на бумажной ленте, кроме концентрации легких ионов обеих полярностей, регистрируются еще и атмосферное давление, температура и влажность воздуха и скорость ветра. В работе [6] фотографическим методом регистрируется, кроме ионизации воздуха, также время проведения измерения и напряжения на измерительном конденсаторе. В работе [5] регистрируются проводимость воздуха обеих полярностей, напряженность электрического поля и плотность вертикального тока атмосферы. Аналогичные данные представлены в работе [7].

В работе [8] описан спектрометр типа СИ-62, измерительный конденсатор которого выполнен в виде выносной головки со шлангом. Это позволяет осуществлять измерение в зоне повышенной ионизации в труднодоступных местах и запыленном воздухе.

У этого прибора имеется возможность регулировки напряжений измерительного конденсатора в пределах от 0 до 250 в с целью измерения спектра аэроионов.

Авторами автоматических регистраторов [4, 5] измеряется ток аспирационного конденсатора электрометром, построенным на электрометрической лампе. В работе [9] применен с этой целью электрометр с динамическим конденсатором. В этом случае значительно увеличивается чувствительность счетчика [9].

В работах [4, 5] примененные датчики метеорологических параметров выдают информацию в виде напряжений, которые регистрируются точечным самописцем.

В работах [10, 11] применен нулевой метод измерения, имеющий значительные преимущества по сравнению с классическим методом, а именно, быстроту и точность.

В настоящее время не существует прибора для регистрации спектра аэроионов, который на уровне современных технических возможностей давал бы данные измерений в пригодной форме для электронной вычислительной машины. Одновременно с регистрацией ионизации атмосферы необходимо фиксировать ряд других параметров, характеризующих метеорологические условия.

Целью настоящей работы была разработка такого счетчика аэроионов, который значительно уменьшил бы трудоемкость измерительных процессов и длительность обработки данных измерений. Кроме того, обращалось внимание на уменьшение некоторых инструментальных погрешностей измерения ионизации по сравнению с известными спектрометрами и счетчиками аэроионов.

Нижеописываемая аппаратура работает автоматически [12] по установленной программе и регистрирует на перфоленте данные измерения спектра аэроионов обеих полярностей. В начале и в конце циклов измерений могут регистрироваться данные до десяти датчиков. Информация от датчиков регистрируется в виде пятизначного параллельного кода. Время измерения задается программными часами.

Регистрация данных на бумажной телеграфной перфоленте дает возможность ввода зарегистрированных величин в электронную вычислительную машину для обработки без дополнительных операций.

За основу разработки описываемого счетчика принят метод накопления заряда как самый экономный в смысле затраты времени, метод измерения малого тока [13]. При этом методе измеряется промежуток времени, необходимый для накопления заряда на измерительном конденсаторе на заданную величину.

При аспирационном методе измерения спектра аэроионов определяется величина тока ионов при разных напряжениях на аспирационном измерительном конденсаторе. Чтобы спектр аэро-

ионов в течение полного цикла измерений можно было считать в первом приближении постоянным, необходимо все измерения проводить за наиболее короткий промежуток времени.

Структурная схема автоматического счетчика аэроионов с перфорегистратором [АСП] приведена на рис. 1. Изучаемый воздух просасывается вентилятором через измерительный конденсатор  $C_{и}$ . Объемная скорость воздуха контролируется ротаметром. Внутренняя обкладка конденсатора  $C_{и}$  заряжается от источника напряжения измерительного конденсатора до напряжения  $U_{и}$  и через определенное время автоматически отключается. Под воздействием зарядов заряженных частиц воздуха накапливающиеся на внутренней обкладку конденсатора  $C_{и}$  ионы воздуха уменьшают первоначальное напряжение  $U_{и}$ . Изменение напряжения передается через разделительный конденсатор  $C_{р}$  [14] на электрометрическое нулевое устройство [ЭНУ], описанное в настоящем сборнике [15]. В тот момент, когда меняющееся напряжение достигает заданного уровня, ЭНУ выдает соответствующий сигнал, поступающий дальше на измеритель времени. Последним определяется промежуток времени, затраченный на накопление заряда. Данные продолжительности накопления заряда перфорируются на стандартную телеграфную ленту телеграфным аппаратом СТА-2М.

Для автоматического запуска измерений в заданное время служат программные часы. Эти часы выдают также кодированное в пятизначном параллельном коде суточное время.

При выборе элементов аппаратуры и схемных решений за основу приняты следующие условия.

- а) Питание от сети переменного тока 220 в.
- б) Температура окружающего воздуха от  $+5$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .
- в) Автоматическая работа производится по установленной программе не менее одних суток без дополнительной регулировки.
- г) Рабочая температура для аспирационного измерительного конденсатора от  $-30$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .
- д) Данные должны регистрироваться перфорированием на бумажной телеграфной ленте Гост 1392-51 в виде пятизначного международного кода № 2.

В качестве  $C_{и}$  применен аспирационный конденсатор, сконструированный Х. Тамметом, и описанный в работах [14, 16]. В этой конструкции разделительный конденсатор  $C_{р}$  дает возможность применить электрометр, у которого одна входная клемма заземлена. Это облегчает требования к конструкции электрометра.

Стабилизированный источник высокого напряжения измерительного конденсатора питается от сети через трансформатор. В качестве органа опорного напряжения в стабилизаторе использован коронный стабилитрон типа СГ301. Выходные клеммы ста-

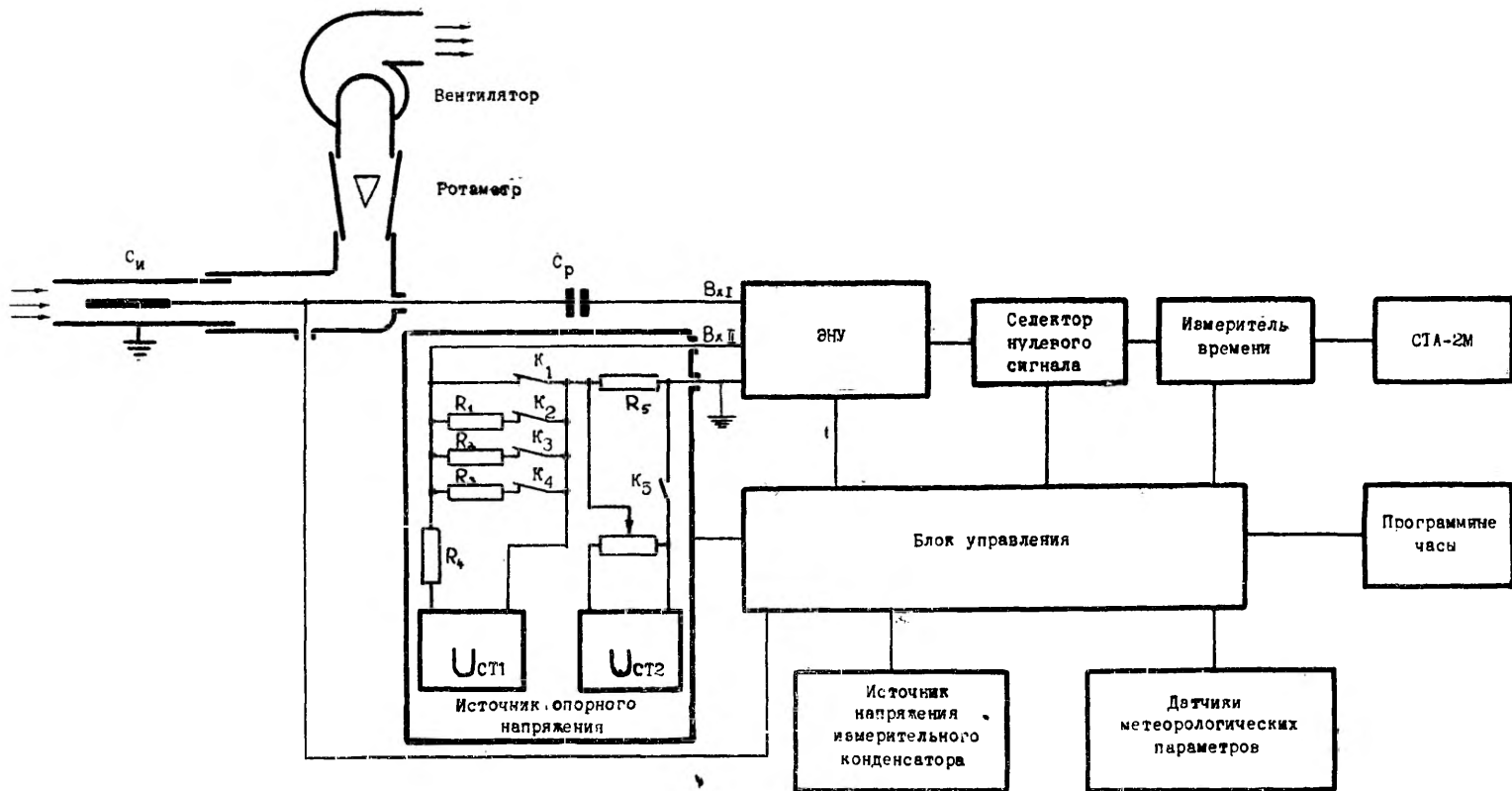


Рис. 1. Структурная схема аппаратуры.

билизатора изолированы от корпуса, но могут поочередно заземляться. Максимальное выходное напряжение стабилизатора 2500 в, ток нагрузки до 1 ма.

Источник опорного напряжения служит источником образцового напряжения для ЭНУ [15]. Он должен сохранять свои параметры при изменении температуры и влажности окружающего воздуха. Пульсация напряжения должна быть менее 0,01 мв. Успешно применим в качестве источника образцового напряжения полупроводниковый стабилизатор напряжения [17]. Стабилизатор имеет составной транзистор и однокаскадный усилитель постоянного тока, в качестве стабилитрона применен диод Д808.

С целью уменьшения наводок делитель напряжения выбран малоомным, а все проволочные резисторы намотаны из манганинового провода бифилярно и подогнаны с точностью до 0,05%. Выбор величины резистора  $R_4$  (рис. 1) зависит от выходного напряжения стабилизированного источника. Ключи  $K_1 - K_4$  являются переключателями пределов измерений.

Для смещения нуля ЭНУ, необходимого для компенсации сброса нуля в начале измерения, служит источник  $U_{ст2}$  (рис. 1),



Рис. 2. Контактное поле программных часов.

аналогичный источнику  $U_{с1}$ . К выходу источника подключен проволочный потенциометр, с помощью которого можно подбирать напряжение на резисторе  $R_5$ , необходимое для смещения нуля.

В заданное время суток аппаратура запускается программными часами. Часы изготовлены на базе часового механизма Х-1 с пружинным мотором. Неточность хода этих часов не превышает  $\pm 1$  мин. в сутки. Серийно выпускаемый механизм предназначен для привода круглой диаграммы самопишущих приборов. Ход часов после полного завода 6 суток.

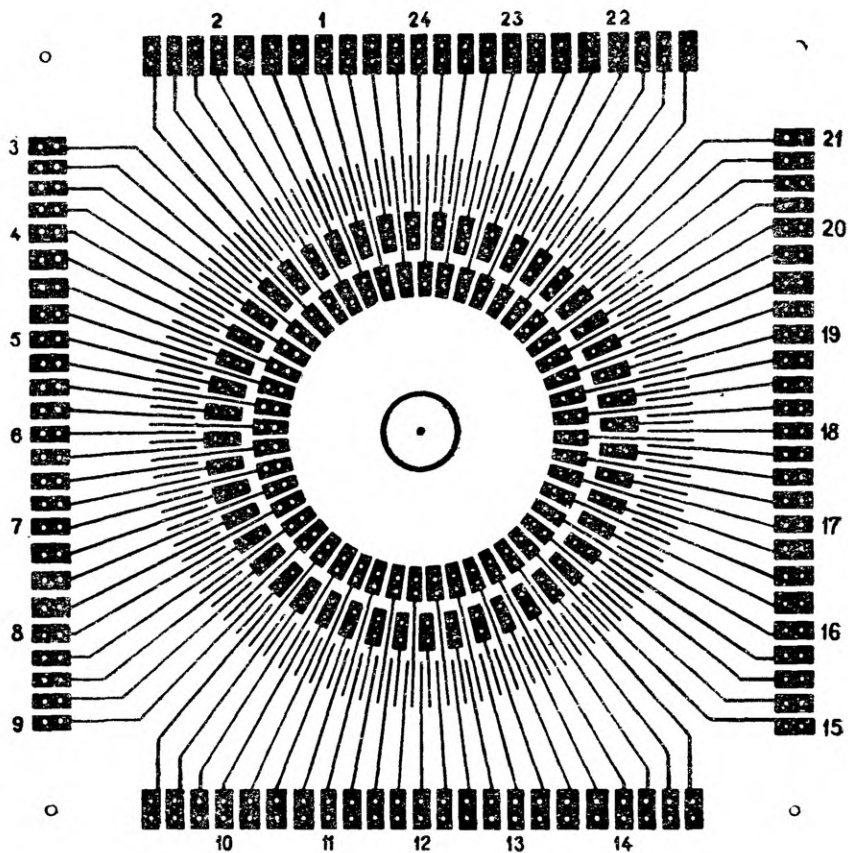
Переделка часов заключалась в том, что на выведенную ось часов вместо диаграммной бумаги прикреплен кодовый диск датчика времени (рис. 2), он служит для выдачи времени в параллельном пятизначном коде. На кодовых дорожках диска контактируют 6 неподвижных контактов. Один контакт выполняет роль токопровода. От пяти остальных контактов выдается кодированное время. Точность отсчета времени  $\pm 30$  мин. Для исключения ложных сигналов в момент изменения кода выбран код Грея, в котором в определенный момент меняется только один знак кода.

К выведенной оси часов прикреплен еще токопроводящий контакт, который включает по очереди контакты контактного поля (рис. 3). С каждого контакта этого поля можно получить электрический сигнал один раз в сутки. Между соседними контактами интервал сигналов 7,5 мин. Включением соответствующих контактов задается время начала работы аппаратуры.

Общеизвестно, что нулевой метод измерения дает возможность устранить некоторые погрешности измерительной аппаратуры. При нулевом методе точность измерения в основном зависит от погрешности определения образцовой меры и чувствительности нулевого органа. Как правило, погрешность может увеличиваться за счет инерционности сравнивающего устройства. В описываемом устройстве примененный вариант нулевого метода дает возможность уменьшить погрешность измерения, обусловленную инерционностью ЭНУ и автоматических механизмов.

Весь основной процесс измерения спектра аэроионов сводится к измерению промежутков времени. Измеритель времени работает методом счета импульсов известной частоты. Описание измерителя времени и перфорегистратора приведено в настоящем сборнике [18]. Работа измерителя времени управляется сигналами ЭНУ через селектор нулевых сигналов. Селектор нулевого сигнала пропускает только те сигналы ЭНУ которые появляются на выходе ЭНУ во время проведения измерений, т. е. когда все нужные манипуляции для измерения промежутков времени проведены.

Совместную работу ЭНУ и измерителя времени поясняет рис. 4.



Р и с. 3. Кодовый диск времени.

В момент  $t_0$ , т. е. после отключения обратной связи [см. 15], в зависимости от знака случайного паразитного напряжения и помех, на выходе ЭНУ либо появляется сигнал, либо отсутствует. На рис. 4 обозначено случайное напряжение через  $U_{сл}$ , которое нормально никогда не превышает  $\pm 0,1$  мв. Для устранения выходного сигнала, вызванного  $U_{сл}$ , подается от источника  $U_{ст2}$  контактом  $K_5$  небольшое напряжение  $\Delta U_0$  с определенной полярностью на вход II, которым смещается «нуль» ЭНУ

По мере накопления заряда аэроионов на конденсаторе  $C_n$  меняется его потенциал, а вместе с тем и потенциал на входе I ЭНУ (рис. 4, кривая  $U_{вх1}$ ). В момент  $t_1$ , когда потенциал на входе I несколько бы не превышал потенциал входа II, по принципу должен появиться выходной сигнал, запускающий измеритель времени. В действительности же, из-за наличия интегрирующей

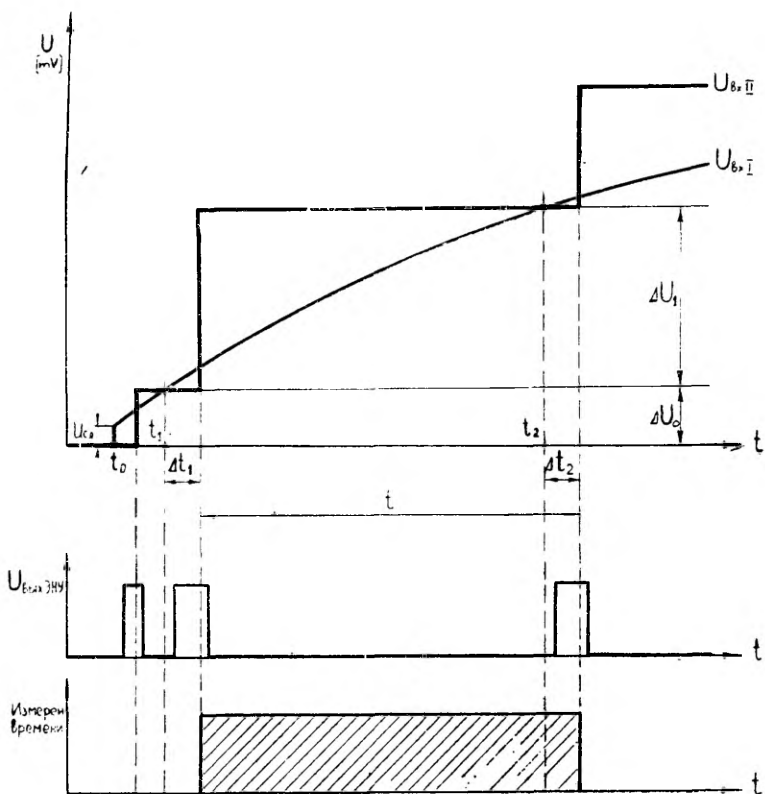


Рис. 4. Временная диаграмма работы ЭНУ.

цепи в ЭНУ, выходной сигнал появляется с опозданием, а из-за инерционности измерителя времени опаздывание увеличивается еще на некоторый промежуток времени. Таким образом суммарное опаздывание срабатывания времени достигает некоторой величины  $\Delta t_1$ .

Одновременно со срабатыванием измерителя времени размыкается контакт  $K_2$ , который смещает потенциал входа II на  $\Delta U_1$ . После этого сигнал на выходе ЭНУ исчезает, так как опять  $U_{вх II} > U_{вх I}$

Возрастание потенциала аспирационного конденсатора может протекать как по нелинейному так и линейному закону в зависимости от того, меняется или не меняется величина тока аэроионов за промежуток времени  $t_2 - t_1$  (могут меняться концентрация и спектр аэроионов)

В момент  $t_2$ , когда потенциал на входе I опять превышает потенциал входа II, на выходе ЭНУ появляется сигнал, а с некоторым опозданием  $\Delta t_2$  останавливается измеритель времени.

Ясно, что истинный промежуток времени  $t_2 - t_1$  отличается от регистрируемого промежутка времени  $t$  тем меньше, чем меньше отличаются друг от друга  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ . Их разность может быть вызвана следующими факторами.

1. Криволинейным изменением потенциала на аспирационном конденсаторе.
2. Нестабильностью источников опорных напряжений  $U_{ст1}$ ,  $U_{ст2}$ .
3. Флуктуационными шумами входного устройства ЭНУ
4. Наводками, механическими и электрическими помехами, воздействующими на аспирационный конденсатор, а также на ЭНУ

Факторы 1 и 3 принципиально не устранимы, но первый из них в большинстве случаев практически незначителен.

Подводя итог, можно сказать, что точность измерения времени  $t_2 - t_1$ , необходимого для накопления заданного количества зарядов аэроионов, зависит в основном от вариации величины  $|\Delta t_1 - \Delta t_2|$ , а не от инерционности узлов регистрирующего устройства.

Вышеописанная аппаратура спроектирована и изготовлена в проблемной лаборатории аэроионизации и электроаэрозолей Тартуского государственного университета. Автоматическая работа аппаратуры открывает возможность проводить разные исследования ионизации атмосферы.

Автор выражает глубокую благодарность ст. преподавателю О. В. Саксу за ценные предложения при проектировании описанной аппаратуры и доценту Я. Ю. Рейнету за руководство и предоставление возможности проведения данной работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прюллер, П. К., Исследование спектра атмосферных ионов, гигиеническое и биометеорологическое значение ионизации атмосферы по данным измерений в г. Тарту. В настоящем выпуске.
2. Greinacher, H., Klein, W., Über einen Apparat zur Dauerregistrierung der spezifischen Ionenzahl der Atmosphäre. Gerlands Beitr. Geophys, 51, 1937, S. 298—307.
3. Wait, G. R., Torreson, O. W., The large-ion and small-ion content of the atmosphere at Washington. Terr. Magn. and Atmos. Electr. 1934, 39 (№ 2), p. 111—119.
4. Hock, A., Schmeer, H., Über ein Gerät zur Störfeldfreien Luftionennmessung und einen Impulszähler zur direkten Anzeige der Windgeschwindigkeit, 1962. Z. angew. Phys. 14 (H7), 398—404.
5. Dolezalek, H., Die Luftpotelektrische Station, Teil II: Beschreibung der Station. Gerlands Beitr. Geophys. 1962, 71 (H3), S. 161—171.
6. Saks, O., Automaatne fotograafilineioonide loendaja. Tartu Riikliku Ülikooli Toimetised 1956, 42, 84—93.
7. Kilinski, E. V., Die Neuen Registrieranlagen im luftpotelektrischen Hause des Hauptobservatoriums in Potsdam. Z. f. Meteorol., 1953, 7, 5, S. 146—150.

8. Китаев, А. В., Клойз, Л. Н., Спектрометр ионов и электроаэрозолей. Тр. Всес. НИИ мед. INSTR. и оборуд., 1. 1963, 131—134.

9. Рейнет, Я. Ю., Таммет, Х. Ф., Сальм, Я. И., К методике изучения ионизации воздуха в курортологии и физиотерапии. Сб.: Материалы I респ. съезда физиотерапевтов и курортологов УССР, посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. А.-Е. Щербака. Госмедиздат УССР, Киев, 1963, с. 124—124.

10. Vasiliu, Ch., Calinicenco, N., Onu Const, Determinări de conductibilități ale aerului în regiuni de munte. Bul. stiint. Acad. RPR Sec. mat. si fiz. 1954, 6 (№ 2), p. 397—405.

11. Vasiliu, Ch., Calinicenco, N., Mateiciuc, V., Contribuțiuni relativ la metodele întrebuintate în măsurarea-conductibilități electrice a aerului. Bul. Inst. Politehn. 1956 Iasi 2 (№ 1—2), p. 67—80.

12. Ирд, В. Я., Якобсон, А., О применении полупроводниковых логических и функциональных элементов (ЭТ) в автоматическом счетчике аэроионов. В настоящем выпуске.

13. Schubert, G., Anwendungsmöglichkeiten des Swingkondensator -- Voltmeters VA—J—52, Radio und Fernsehen 15 (1966) H. 14, S. 427—429.

14. Таммет, Х. Ф., Аспирационный метод измерения спектра аэроионов. — Труды по аэроионизации и электроаэрозолям, II. Уч. зап. Тартуского гос. ун-та, Тарту, 1967.

15. Сакс, О. В., Ирд, В. Я., Электрическое нулевое устройство к счетчику аэроионов. В настоящем выпуске.

16. Таммет, Х. Ф., Счетчик аэроионов. Бюл. изобрет. № 20, авт. свид. № 151071.

17. Левин, М. И., Додик, С. Д., К вопросу о длительной стабильности (дрейфе) стабилизаторов с кремневыми стабилитронами. — Измерительная техника, 1963, № 10, 42—43.

18. Ирд, В. Я., Лепик, М. Э., Регистратор автоматического счетчика аэроионов. В настоящем выпуске.

Поступила 15/I 1969 г.

## REGISTRAATORIGA AUTOMAATNE AEROIOONIDE LOENDUR

V. Ird

Resümee

Perforegistraatoriga automaatses aspiratsioonkondensaatoriga aeroioonide loendajas on kasutatud aspiratsioonkondensaatoril aeroioonide tekitatud pinge muutuse mõõtmiseks nullmeetodit. Võrdleva elemendina on kasutatud dünaamilise kondensaatoriga elektromeetritel nullseadet.

Loendaja käivitatakse programmkellaga. Automaatne juhtimine toimub pooljuhtautomaatika elementidega. Mõõtmisandmed ja andmed kümnelt paralleelkoodväljundiga andurilt perforeeritakse standardsele telegraafi perfolindile.

Loendaja on ette nähtud pikemaajaliste automatiseeritud aeroionisatsioonialaste uurimiste tegemiseks.

# AUTOMATIC AIR ION COUNTER WITH A TELETYPE RECORDER

V. Ird

## Summary

To measure changes in the potential called forth by air ions in an aspiration counter supplied with an automatic teletype recorder, the null-method is used. A null-device with a dynamic condenser is used as a reference element.

The counter is started by a clock supplied with a programming device. Automatic control is carried out by automatic semiconductor cells. The measuring data and the data from ten transducers with a parallel-code output are punched on a standard teletype perforated tape.

The counter is intended for the carrying out of long-term automated air-ion studies.