

С.А. МХИТАРЯН, А.П. АНТОНЯН, А.Р. МНАЦАКАНЯН

**ОБ ИССЛЕДОВАНИИ И СОЗДАНИИ СПОСОБОВ ЭЛЕКТРОННОЙ
РАЗВЕРТКИ НЕПРЕРЫВНОЙ АНАЛОГОВОЙ ВИДИМОЙ ЗАПИСИ**

Механические способы развертки непрерывной аналоговой видимой записи усложняют конструкции аналоговых регистраторов с непрерывной видимой записью низкочастотных процессов и периодической выдачей кадров записей, снижают их надежность и точность, затрудняют регулировку шагов развертки, увеличивают мощность и габариты, а также приводят к дополнительным оптическим погрешностям в светолучевых осциллографах. Для устранения этих недостатков предложены, проанализированы и проверены электронные способы развертки непрерывной аналоговой видимой записи.

Ключевые слова: аналоговая непрерывная регистрация, видимая запись, кадры записи, развертка записи, сейсмограмма, светолучевой осциллограф, оптический рычаг.

Введение. Несмотря на развитие и широкое применение цифровых методов и приборов регистрации, до настоящего времени разнообразные аналоговые регистраторы с видимой записью, в том числе и светолучевые фото- и электрографические осциллографы, продолжают иметь важное место в непрерывной регистрации сейсмических и других низкочастотных процессов [1-9]. Как известно [1-4,10,11], непрерывная аналоговая видимая регистрация низкочастотных сигналов, в том числе и сейсмических процессов, осуществляется накоплением сигнала на носителе с помощью развертки записи по винтовой линии и периодической выдачей информации в виде отдельных кадров. Причем винтовая развертка аналоговой записи осуществляется равномерным перемещением вращающегося цилиндра с носителем записи вдоль своей оси [6,7], равномерным перемещением блока измерительных гальванометров вдоль оси вращающегося цилиндра с носителем записи [6,7,10,11] или равномерным поворотом дополнительного зеркала, установленного на пути отраженных от гальванометров лучей [7].

Однако механические способы развертки записи усложняют конструкции регистраторов и осциллографов с непрерывной записью, снижают их надежность, уменьшают качество и точность записи, увеличивают мощность и габариты, а также ограничивают возможность плавной регулировки шагов развертки записи. Кроме того, светолучевым осциллографам с записью на плоском

носителе присущи и дополнительные статические оптические погрешности, что требует их устранения или учета при обработке записи сигналов [12-14].

Для устранения этих недостатков авторами предложены, теоретически исследованы и экспериментально проверены электронные, в том числе и цифровые способы и соответствующие устройства для винтовой и строчной развертки записи, а также учета и компенсации оптических статических погрешностей светолучевых осциллографов [15,16].

Электронная винтовая развертка непрерывной видимой записи. Сущность предложенного способа электронной винтовой развертки записи [15] заключается в том, что на измерительные гальванометры аналоговых регистраторов, в том числе и на светолучевые гальванометры светолучевых осциллографов, вместе с регистрируемыми низкочастотными сигналами $u_c(t)$ предлагается подавать также дополнительное пилообразное напряжение $u_p(t)$. Причем период напряжения $u_p(t)$ - T_p должен быть равным длительности записи одного кадра записи T_k , а приращение Δu_p в течение одного оборота цилиндра с носителем записи или длительности записи одной линии кадра - $t_{ц}$ - пропорциональным отношению необходимого шага развертки d_p к чувствительности гальванометра по напряжению S_{gu} [15]:

$$u_p(t) = U_{pm} \left(\frac{2t}{T_p} - 1 \right), \text{ где } 0 < t < T_p, \quad (1)$$

$$U_{pm} = \frac{H_k}{2S S_{gu}}, \quad T_p = T_c = t_{ц} N_{ц}, \quad (2)$$

где U_{pm} – амплитуда пилообразного напряжения с периодом $T_p = T_c = t_{ц} N_{ц}$ в конце записи каждого кадра, $мВ$, а S' - длина оптического или механического рычага измерительного гальванометра, $мм$.

Сигналы от источника пилообразного напряжения $u_p(t)$ и датчика регистрируемых низкочастотных сигналов $u_c(t)$ вызывают суммарный поворот рамки гальванометра: $\alpha_{\Sigma}(t) = \alpha_p(t) \pm \alpha_c(t)$. Этот суммарный поворот рамки измерительного гальванометра приводит к суммарному отклонению $x_{\Sigma}(t)$ на поверхности носителя записи кончика механического гальванометра или светового пятна от отраженного от зеркальца светолучевого гальванометра светового луча:

$$x_{\Sigma}(t) = x_p(t) \pm x_c(t) = S'[\delta_p(t) \pm \delta_c(t)] = S' S_{gu}[u_p(t) \pm u_c(t)] = S' S_{gu} u_{\Sigma}(t), \quad (3)$$

где применительно к светолучевым осциллографам $x_p(t)$ и $x_c(t)$ – отклонения светового пятна на поверхности носителя записи от напряжения развертки $u_p(t)$ и напряжения регистрируемого сигнала $u_c(t)$, $мм$; $\delta_p(t)$ и $\delta_c(t)$ – соответ-

ствующие углы поворота светового луча, $рад$; S' - длина оптического рычага, $мм$; $u_{\Sigma}(t)$ – суммарное напряжение на входе гальванометра, $мВ$.

Причем из-за изменения длины оптического рычага при отклонении светового луча от нулевого вертикального положения к поверхности носителя действительные отклонения светового пятна на поверхности носителя, установленного касательно к дуге с центром у вертикального положения оптического луча (рис. 1), будут отличаться от расчетных $x_{\Sigma}(t)$, $x_p(t)$ и $x_c(t)$, что приводит к дополнительным статическим тангенциальным оптическим погрешностям [12-14]. Таким образом, в светолучевых осциллографах с плоской поверхностью носителя записи имеют место оптические тангенциальные статические погрешности [13,14], которые в данном случае будут равны

$$\sigma_{ptg} = \frac{tg\delta - \delta_p}{\delta_p} \approx \frac{4}{3} \alpha_p^2 = \frac{1}{3} \delta_p^2. \quad (4)$$

Кроме того, угол поворота рамки и зеркала α некоторых светолучевых гальванометров (например, типа ГБ-IV и др.) связан с поданным напряжением по косинусоидальному закону $\alpha(t) \sim u(t) \cos \alpha$, что приводит также к дополнительным косинусоидальным погрешностям записи, в отличие от гальванометров типа ГБ-III и др., у которых угол поворота рамки пропорционален напряжению [13]:

$$\sigma_{pcos} = \frac{\alpha_p \cos \alpha_p - \alpha_p}{\alpha_p} \approx -\frac{\alpha_p^2}{2} = -\frac{\delta_p^2}{8}. \quad (5)$$

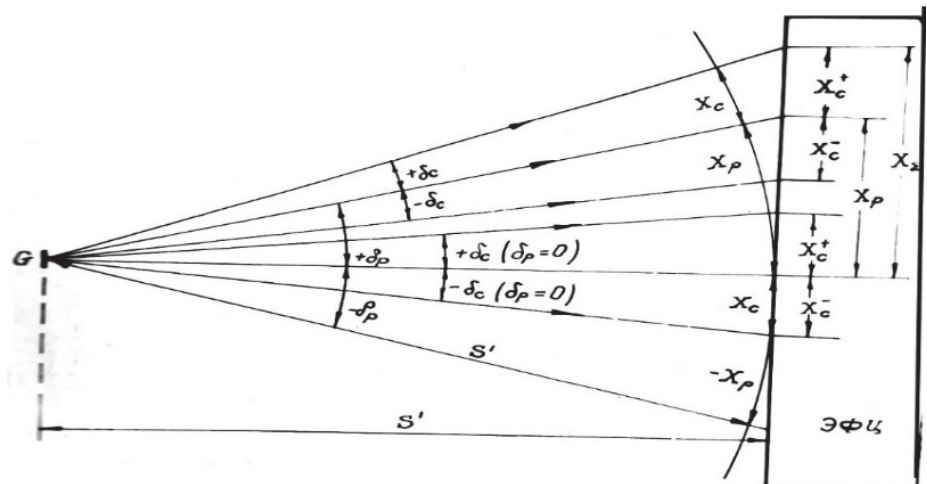


Рис. 1. Оптическая схема отраженных от светолучевого измерительного гальванометра лучей при электронной развертке непрерывной аналоговой записи

Таким образом, как видно из формулы (6) и рис. 2, общие погрешности записи с гальванометрами типа ГБ-III равны тангенциальным погрешностям (кривая 1), а при записи с гальванометрами типа ГБ-IV – разнице тангенциальных и косинусоидальных погрешностей (кривая 3):

$$\sigma_{p\Sigma} = \frac{tg(S_{gu}u_p \cos \alpha_p) - 2\alpha_p}{2\alpha_p} \approx \frac{5}{6} \alpha_p^2 = \frac{5}{24} \delta_p^2. \quad (6)$$

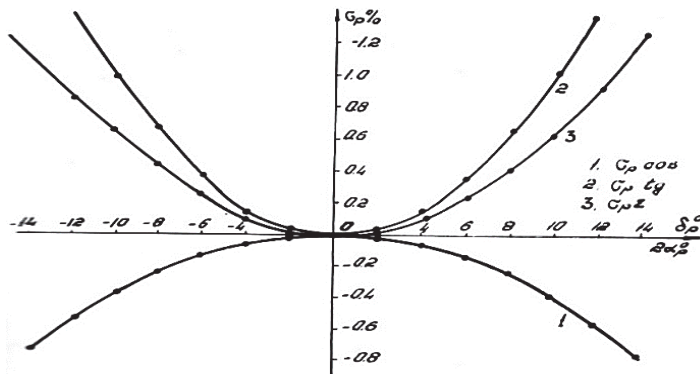


Рис. 2. Зависимости статических оптических погрешностей σ_p от угла поворота светового луча $\delta_p = 2\alpha_p$. Кривые 1, 2 - зависимости косинусоидальных и тангенциальных погрешностей, кривая 3 - общие оптические статические погрешности (при записи с гальванометрами типа ГБ-III и др.)

Для упрощения дальнейшего анализа и оценки максимально возможных статических оптических погрешностей были рассчитаны статические погрешности при записи с гальванометрами типа ГБ-III, при которых общие оптические статические погрешности больше, чем при записи с гальванометрами типа ГБ-IV. В частности, как видно также из рис. 2 (кривая 1), при $x_{pm} = \pm 0,5H_k = \pm 22$ мм (ширина зоны записи одного канала), $S' = 150$ мм и $\delta_{pm} = \arctg \frac{H_k}{2S'} = \pm 8^\circ$, имеющих место при трехканальной записи в автоматических сейсмических электрографических осциллографах типа АСЭО¹ [10,11] и многих других светолучевых осциллографах, максимальные оптические погрешности шага электронной винтовой развертки не превышают 0,65%. При этом предполагается, что гальванометры установлены равномерно по ширине носителя и отраженные от них лучи при отсутствии сигналов падают перпендикулярно к поверхности носителя. Таким образом, погрешности шагов

¹ Осциллографы АСЭО, АСЭО-1 и АСЭО-1М разработаны и изготовлены в Специальном опытно-конструкторском технологическом институте АН Арм. ССР по техническому заданию и в сотрудничестве с ИФЗ АН СССР.

механической развертки, достигающие 1...1,5% из-за многочисленных допусков и люфтов в механизмах перемещения и возврата каретки или носителя, почти вдвое больше, чем при электронной развертке.

Если при отсутствии сигнала ($u_c(t)=0$) угол наклона светового луча под действием напряжения развертки $u_p(t)$ равен δ_p , то дополнительное отклонение линии записи от напряжения $u_c(t) \neq 0$ (см. рис. 3) определится уравнением

$$x_c^{\pm'} = S'[\pm \operatorname{tg}(\delta_p \pm \delta_c) \mp \operatorname{tg} \delta_p]. \quad (7)$$

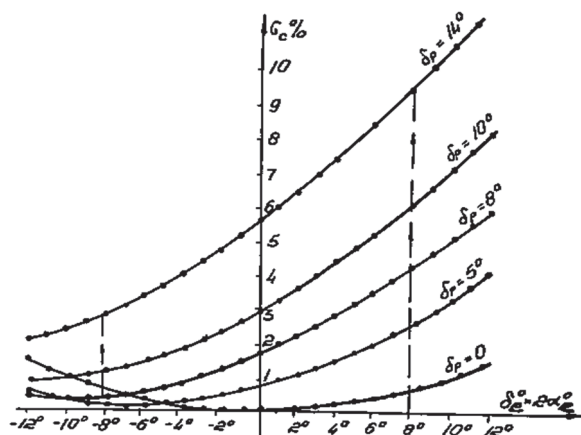


Рис. 3. Зависимости тангенциальных оптических погрешностей записи σ_c от угла поворота светового луча δ_c при разных значениях δ_p

Тангенциальные оптические погрешности [17] видимой записи сигнала $u_c(t)$ при разных u_p определяются выражением

$$\sigma_c = \frac{\pm \operatorname{tg}(\delta_p \pm \delta_c) \mp \operatorname{tg} \delta_p}{\delta_c} \approx \delta_p^2 \pm \delta_p \delta_c + \frac{1}{3} \delta_c^2. \quad (8)$$

Тангенциальные оптические погрешности записи сигнала при механической развертке перемещением каретки или носителя записи, если луч гальванометра падает перпендикулярно к поверхности носителя ($\delta_p=0$) при $u_c(t)=0$, равны

$$\sigma_c' \approx \frac{1}{3} \delta_c^2 = \frac{4}{3} \alpha_c^2. \quad (9)$$

Следовательно, дополнительные статические оптические погрешности записи сигнала из-за электронной винтовой развертки записи равны

$$\Delta \sigma_c = \sigma_c - \sigma_c' \approx \delta_p^2 \pm \delta_p \delta_c. \quad (10)$$

Из зависимостей σ_c от δ_c при разных δ_p (см. рис. 3) видно, что общие и дополнительные максимальные статические оптические погрешности записи сигнала $u_c(t)$ при электронной винтовой развертке не превышают соответственно 4,5% и 3,5% при $\delta_{pm}=\pm 8^\circ$ и $\delta_{cm}=\pm 8^\circ$ ($x_{cm}=\pm 22$ мм и $x_{pm}=\pm 22$ мм, имеющие место при трехканальной записи сигналов в осциллографах типа АСЭО и других осциллографах с оптическим рычагом 150 мм и ширине носителя записи 150 мм).

Во многих светолучевых осциллографах, в том числе и в осциллографах типа АСЭО, при многоканальной регистрации (в основном 3 - с гальванометрами типа ГБ-3 или 6 - с гальванометрами типа ГБ-4) светолучевые гальванометры сгруппированы в едином магнитном блоке и установлены вместе с осветителем на подвижной каретке для обеспечения возможности его перемещения и развертки записи. С этой целью, для равномерного распределения каналов записи по ширине носителя, при $u_c(t)=0$ световой луч от среднего гальванометра (при трехканальной записи) направляется перпендикулярно к носителю ($\delta_{p2}=0$), а лучи от крайних гальванометров - под углом $\delta_{p1,3}$ (см. рис. 4), причем при этом

$$\delta_{p1,3} = \arctg \frac{H_k + \Delta - h_r}{S'} \approx \pm 14^\circ, \quad (11)$$

где h_r - расстояние между гальванометрами ГБ-III в магнитном блоке, $h_r=12$ мм; Δ - свободные промежутки на носителе между отдельными каналами, $\Delta=5$ мм.

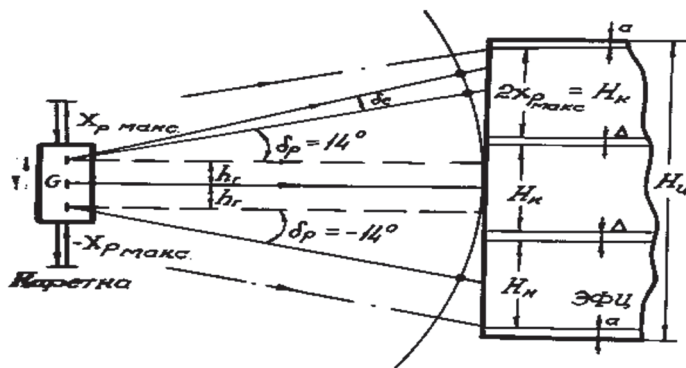


Рис. 4. Горизонтальная проекция оптической схемы трехканального светолучевого осциллографа при среднем положении каретки относительно носителя записи

Следовательно, при $u_c(t)=0$ максимальный дополнительный угол отклонения световых лучей из-за электронной развертки ($\delta_{pm}=\pm 8^\circ$) почти вдвое меньше угла статического механического отклонения лучей от крайних гальванометров в осциллографах типа АСЭО ($\delta_{p1,3}=\pm 14^\circ$). Это обеспечивается тем, что электронная развертка позволяет устранить поперечное перемещение гальваномет-

ров или носителя, а также не сгруппировать гальванометры на едином блоке, а установить их равномерно по ширине носителя и обеспечить условие $\delta_p=0$ при $u_p=0$ и $u_c=0$.

Следовательно, в трехканальных светолучевых осциллографах с оптическим рычагом 150 мм и шириной носителя записи 150 мм статические оптические погрешности записи сигналов при электронной развертке записи всего на 3,5% больше для среднего канала записи, а для крайних каналов – почти вдвое меньше по сравнению со статическими оптическими погрешностями при механической развертке и сгруппированными гальванометрами на едином магнитном блоке.

Аналогичные расчеты и сравнения статических оптических погрешностей аналоговой видимой записи с известными механическими способами и предложенным электронным способом винтовой развертки можно произвести и для других аналоговых регистраторов и светолучевых осциллографов с разными ширинами носителя, количествами каналов, длиной оптического рычага и т.д.

Электронная строчная развертка непрерывной видимой записи.

Одним из общих недостатков предложенного выше электронного и известных механических способов винтовой развертки непрерывной аналоговой видимой записи является то, нулевые линии записи сигналов наклоняются относительно направления движения носителя на некоторый угол φ_n , который равен

$$\varphi_n = \arctg \frac{V_p}{V_{\text{ц}}} = \arctg \frac{d}{t_{\text{ц}} V_{\text{ц}}} = \arctg \frac{d}{A_{\text{ц}}}, \quad (12)$$

где V_p – скорость поперечного перемещения светового луча для обеспечения винтовой развертки записи, мм/с, независимо от способа винтовой развертки.

Из-за этого реальная скорость луча записи сигнала $V'_{\text{ц}}$ отличается от $V_{\text{ц}}$ и равна

$$V'_{\text{ц}} = \sqrt{V_{\text{ц}}^2 + V_p^2} = V_{\text{ц}} \sqrt{1 + \left(\frac{d}{A_{\text{ц}}}\right)^2}, \quad (13)$$

что приводит к дополнительным амплитудным и спектральным погрешностям видимой записи сигнала, пропорциональным соотношениям $V_p/V_{\text{ц}}$ и $\Delta V_{\text{ц}}/V_{\text{ц}}$.

С целью исключения указанного и некоторых других недостатков винтовой развертки, предложен также электронный способ строчной развертки непрерывной видимой записи [16]. При этом одновременно с регистрируемым сигналом на измерительный гальванометр подается и дополнительное ступенчатое напряжение, длительность ступенек которого равна длительности одного оборота вращающегося носителя или одной линии записи, а мгновенное

приращение ступеньки после каждого оборота носителя равно отношению необходимого шага развертки записи к чувствительности гальванометра.

Кроме того, если при строчной развертке дискретные углы отклонения светового луча и величины соответствующих ступенек напряжения определить с учетом статических оптических погрешностей, то электронную строчную развертку можно осуществить с равномерным шагом развертки с компенсацией и исключением статических оптических погрешностей винтовой развертки.

В целом, для устранения тангенциальных оптических погрешностей развертки при строчной развертке записи полный угол отклонения светового луча δ_{pn} , угол отклонения светового луча между соседними линиями записи $\Delta\delta_{pn}$, общая амплитуда ступенчатого напряжения U_{pn} и величины ступенек Δu_{pn} определяются по следующим формулам:

$$\delta_{pn} = \pm \arctg \frac{(n-1)d}{s'} = (n-1) \frac{d}{s'} \mp \frac{1}{3} \left[(n-1) \frac{d}{s'} \right]^3, \quad (14)$$

$$\Delta\delta_{pn} = \arctg \frac{(n-1)d}{s'} - \arctg \frac{(n-2)d}{s'} = \frac{1}{3} \left(\frac{d}{s'} \right)^3 [(n-1)^3 - (n-2)^3], \quad (15)$$

$$U_{pn} = \pm \frac{\delta_{pn}}{s_{gu}} = \pm \frac{1}{s_{gu}} \arctg \frac{(n-1)d}{s'}, \quad (16)$$

$$\Delta u_{pn} = \frac{1}{s_{gu}} \left[\arctg \frac{(n-1)d}{s'} - \arctg \frac{(n-2)d}{s'} \right], \quad (17)$$

где $n=1,2,3, \dots, N_{\text{ш}}/2$ – порядковый номер строки, причем $n=1$, $u_p=0$ и $\delta_p=0$ соответствуют записи средней строки.

Аналогичным образом можно определить амплитуду ступенчатого напряжения U_{pn} и величины ступенек Δu_{pn} для устранения косинусоидальных погрешностей, имеющих место при записи с гальванометрами типа ГБ-IV и др.

Общей специфической особенностью строчной развертки является теоретическая опасность искажения записи динамическими погрешностями в моментах скачкообразного изменения ступеньки напряжения развертки, т.к. отклонение рамки гальванометра при прямоугольных импульсах сопровождается переходными процессами, которые зависят от степени успокоения рамки гальванометра D_g и описываются следующими уравнениями [6,8,12,14]:

а) при $D_g < 1$ (периодическое успокоение рамки гальванометра):

$$\alpha_p = \alpha_{pn} + \frac{e^{-D_g \tau}}{\nu} (\alpha_{pn-1} - \alpha_{pn}) \sin(\nu \tau + \gamma); \quad (18)$$

б) при $D_g > 1$ (аперiodическое успокоение рамки гальванометра):

$$\alpha_p = \alpha_{pn} + \frac{e^{-D_g \tau}}{N'} (\alpha_{pn-1} - \alpha_{pn}) \text{sh}(N' \tau + \gamma'); \quad (19)$$

в) при $D_g = 1$ (критическое успокоение рамки гальванометра:

$$\alpha_p = \alpha_{pn} + (\alpha_{pn-1} - \alpha_{pn})e^{-\tau(1+\tau)}, \quad (20)$$

где $\alpha_{pn} = \frac{1}{2}S_{gu}u_{pn}$ – угол отклонения рамки гальванометра после окончания переходных процессов; $\tau = 2\pi \frac{t}{T_g} = 2\pi f_g t$ – относительное время; $\alpha_{pn-1} = 0.5S_{gu}u_{p-1}$ – угол отклонения рамки в момент времени $\tau=0$, при котором $d\alpha/d\tau=0$, $u_p(t)=U_{pn}$;

$$v = \sqrt{1 - D_g^2}, \quad (21)$$

$$\gamma = \arctg \frac{v}{D_g}, \quad (22)$$

$$\aleph = \sqrt{D_g^2 - 1}, \quad (23)$$

$$\gamma' = \text{Arth} \frac{\aleph}{D_g}. \quad (24)$$

Так как длительность этих переходных процессов определяется временем успокоения T_y [12,14], то после него переходные погрешности σ_n становятся меньше заданной величины $\sigma_{доп}$, и рамка гальванометра устанавливается на конечное значение. С помощью формул и графиков для определения T_y при разных $\sigma_{доп}$, T_g и D_g [12,14] было определено, что, в частности, при заданном $\sigma_{доп} \leq 1\%$, если $0,5 \leq D_g \leq 1,5$, то $T_y \leq 1,8T_g$, если $0,6 \leq D_g \leq 0,75$, то $T_y \leq 1,15T_g$, а если $0,8 \leq D_g \leq 0,85$, то $T_y \leq 0,7T_g$. Сравнение же этих переходных погрешностей с погрешностями фотогальванометрической регистрации ($\sigma_{г.р} \leq 10\%$) [6-9, 12-14, 17] показывает, что после времени $t > T_y$ с момента скачка напряжения Δu_{pn} переходные погрешности $\sigma_n \leq 1\%$ и не могут повлиять на точность записи.

Вместе с тем в промежутке времени $t < T_y$ переходные погрешности $\sigma_n \geq 1\%$ теоретически могут привести к искажению записи и нарушению непрерывности регистрации сигналов. Однако участок кадра непрерывной записи сигналов, в частности сейсмограммы, с переходными погрешностями $\sigma_n \geq \sigma_{доп} = 1\%$ при $0,5 \leq D_g \leq 1,5$ имеет незначительную длину участка на кадре записи - всего $\Delta l_n \leq T_y V_{ц} = (0,7 \div 1,8)T_g V_{ц}$ (например, в осциллографах типа АСЭО при $V_{ц} = 1 \text{ мм/с}$ и $T_g = 0,2 \text{ с}$, $\Delta l_n \leq 0,14 - 0,36 \text{ мм}$). Кроме того, этот участок находится на конце кадра записи, который в аналоговых сейсмических осциллографах и регистраторах с непрерывной записью и периодической выдачей кадров записи может испортиться и без наличия возможных переходных погрешностей.

Предложенные электронные способы винтовой и строчной развертки записи и проведенные расчеты были апробированы и проверены на осциллографе АСЭО 1, снимки которого и образца кадров записей показаны на рис. 5 и 6.

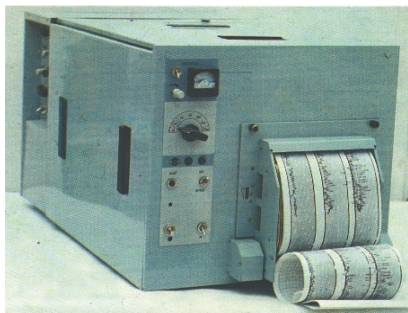


Рис. 5. Образец автономного светолучевого осциллографа АСЭО-1

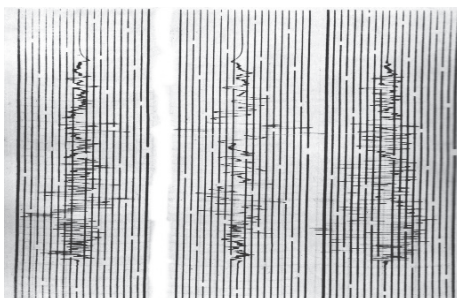


Рис 6. Образец кадра непрерывной видимой записи с электронной разверткой

Заклучение. Предложен, обоснован и проверен способ электронной винтовой развертки непрерывной аналоговой видимой записи, который позволяет существенно упростить конструкцию, увеличить надежность, уменьшить потребляемую мощность, габариты, погрешности записи и шага развертки, а также обеспечить возможность плавной регулировки шага развертки аналоговых регистраторов и светолучевых осциллографов с непрерывной аналоговой регистрацией и периодической выдачей видимых кадров записей.

Предложен, обоснован и проверен также способ электронной строчной развертки непрерывной аналоговой записи, который, кроме вышеуказанных преимуществ электронной развертки, позволяет также устранить дополнительные погрешности записи с винтовой разверткой, связанные с наклоном нулевых линий, а также компенсировать статические оптические погрешности записи с их учетом при расчете амплитуд ступенчатого напряжения строчной развертки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шнирман Г.Л.** Аппаратурные наблюдения. - М.: ОИФЗ РАН РФ, 2003. - 304с., http://elib.biblioatom.ru/text/shnirman_apparaturnye-nablyudeniya_2003/go,0/.
2. **Grant M.S.** Data Acquisition History: From Strip Chart Recorders to Digital DAQ. – 2021, <https://dewesoft.com/daq/data-acquisition-history>.
3. **Havskov J., Alguacil G.** Instrumentation in Earthquake Seismology. – Springer, 2002(16). - 313p., <https://cdn.hackaday.io/files/1635086995526272/Instrumentation-Seismology.pdf>.
4. **Prakash V.** Analog and Digital Instruments for Earthquake Analysis // IJ of Advanced Trends in Engineering & Technology.-2018.-Vol.3, issue 1.-P.92-99, www.dvpublication.com.

5. Dam Safety: Use of Seismic Monitoring Instrumentation in Dams/ **N. Adamo, N. Al-Ansari, V. Sissakian, et al** // Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. – 2021. - Vol.11, N.1. - P. 203-247, <https://doi.org/10.47260/jesge/1116>.
6. Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР / Под ред. **З.И. Арановича, Д.П. Кироса, В.М. Фреда**. - М.: Наука, 1974. - 243 с.
7. Каталог геофизической аппаратуры (Информационный справочник). - Вып. IV / Под ред. **Е.С. Борисевича**. - М.: Наука, 1981. - 235 с.
8. **Саваренский Е.Ф., Кинос Д.П.** Элементы сейсмологии и сейсмометрии. - М.: Гостехиздат, 1955. – 544с.
9. **Фред В.М.** Инструментальные средства и методы регистрации сильных землетрясений. - М.: Наука, 1978. - 178 с.
10. А.с. СССР N 410349. Сейсмический электрографический светолучевой осциллограф / **Е.С. Борисевич, Г.К. Бегушин**. - Оpubл. в Б.И. - 1961. - N 1.
11. А.с. СССР N 962831. Электрографическое регистрирующее устройство / **Г.Е. Галстян, С.А. Мхитарян, С.В. Манукян**. – Оpubл. в Б.И. - 1982. - N 36.
12. **Мейер Э., Мердер К.** Зеркальные гальванометры и приборы со световым указателем / Пер. с нем.; Под ред. **Б.А. Селибера**. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959. - 558 с.
13. Систематическая статическая погрешность показаний светолучевых осциллографов / **Б.Н. Фроймович, Х.Г. Лейбович, С.Е. Разин и др.** - В кн.: Светолучевая осциллография. – Кишинев, 1972. – С. 59-66.
14. Светолучевые осциллографы / **В. Хертель, И. Дегенхарт, А. Кюблер и др.**; Пер. с нем.; Под ред. **Е.С. Борисевича**. - М.-Л.: Энергия, 1965. - 456 с.
15. А.с. СССР N 1056106. Способ регистрации сейсмической информации и устройство для его осуществления/ **С.А. Мхитарян**. – Оpubл. в Б.И. - 1983. - N 43.
16. А.с. СССР N 1078381. Способ непрерывной регистрации сейсмической информации и устройство для его осуществления/ **С.А. Мхитарян**. – Оpubл. в Б.И. - 1984. - N9.
17. О метрологическом обеспечении инженерно-сейсмологических измерений / **Д.П. Кинос, А.Е. Манохион, В.А. Токмаков и др.** - В кн.: Проблемы и методы сейсмометрии (Сейсмические приборы. Вып.14). - М.: Наука, 1981. – С. 81-83.

Институт прикладных проблем физики (ИППФ) НАН РА. Материал поступил в редакцию 09.12.2021.

Ս.Ա. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ, Ա.Պ. ԱՆՏՈՆՅԱՆ, Ա.Ռ. ՄՆԱՏԱԿԱՆՅԱՆ

**ՆՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ԱՆԸՆԴՀԱՏ ՏԵՄԱՆԵԼԻ ԳՐԱՆՑՄԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ
ՓՈՄՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ԵՎ ԻՐԱԿԱՆԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Անընդհատ նմանակային տեսանելի գրանցման փոման մեխանիկական մեթոդները բարդացնում են ցածրհաճախականային ազդանշանների անընդհատ տեսանելի գրանցմամբ և կադրերի պարբերական ելքով նմանակային գրանցիչների կառուցվածքը, նվազեցնում դրանց հուսալիությունը, ճշգրտությունը, ծախսվող հզորությունը և չափսերը, բարդացնում փոման քայլերի կարգավորումը, ինչպես նաև հանգեցնում լուսաճառագայթային օսցիլոգրաֆների լրացուցիչ օպտիկական սխալների, որոնց վերացման համար առաջարկվել, ուսումնասիրվել և ստուգվել են էլեկտրոնային փոման մեթոդներ:

Առանցքային բառեր. նմանակային անընդհատ տեսանելի գրանցում, գրանցման պատկեր, գրանցման փոմ, սեյսմագիր, լուսաճառագայթային օսցիլոգրաֆ, օպտիկական լծակ:

S.A. MKHITARYANH, A.P. ANTONYAN, A.R. MNATSAKANYAN

**ON RESEARCH AND IMPLEMENTATION OF METHODS FOR ELECTRONIC
EXTENDING OF CONTINUOUS ANALOG VISIBLE RECORDING**

Mechanical methods for extending the continuous analog visible recording complicate the designs of analog recorders with continuous visible recording of low frequency signals and issuing periodic frames, reduce their reliability, the accuracy, the used power and sizes, complicate the adjustment of the extending steps, and also lead to additional optical errors in light-beam oscilloscopes, for the elimination of which electronic extending methods have been proposed, analyzed and tested.

Keywords: analog continuous visible registration, recording frames, recording extension, seismogram, light beam oscilloscope, optical arm.