Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVI, вып. 1, 1968 г.

УДК 622.834.5 : 621.083.6

ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КОНТРОЛЯ ОПУСКАНИЯ КРОВЛИ

Н. В. Семевская

При изучении проявлений горного давления часто встает вопрос о величине деформаций вмещающих пород. Так, при камерно-столбовой системе разработки месторождений очень важно определять развитие деформаций в оставленных целиках и кровле камер. Известно немало методов и приборов как непосредственного, так и дистанционного контроля величин деформаций вмещающих пород, однако они не всегда применимы. В частности, это относится к случаю, когда взрывные работы при очистной выемке не дают возможности зафиксировать начало процесса опускания кровли камеры приборами непосредственного контроля или дистанционного контроля с проводной системой передачи информации. Для решения этой задачи необходимы устройства, размещение которых исключит влияние взрывных работ на их работоспособность. Это требование удовлетворяется приборами, разрешающими измерения по радиоканалам связи. Поэтому разработка новых радиотехнических приборов и методов контроля, которые обеспечат надежность и безопасность измерений величин деформаций вмещающих пород в производственных условиях, имеет большое значение.

При создании радиотехнических приборов контроля опускания кровли в очистных камерах необходимо учитывать характер этого процесса [Бабков-Эстеркин, 1966], протекающего, как правило, медленно. Устройства, предназначенные для измерения таких процессов, должны быть достаточно стабильны, чтобы обеспечивать заданную точность измерений на весь период наблюдений на данном участке горной выработки.

При радиотехнических методах контроля измеряемый параметр должен быть преобразован в одно из качеств электромагнитных колебаний. В условиях горных выработок этим качеством может быть частота электромагнитных колебаний. Это даст возможность четко фиксировать изменения контролируемой величины.

Известно много схем, на основе которых построены или могут быть построены преобразователи измеряемой неэлектрической величины в частоту электромагнитных колебаний [Новицкий, 1961]. Среди них наиболее распространены автоколебательные системы, сопротивление, индуктивность или емкость которых меняются с изменением измеряемой величины. В качестве автоколебательной системы можно использовать *RC*-или *LC*-генераторы. Однако частотные преобразователи, состоящие из одного генератора, имеют низкий порог чувствительности и подвержены влиянию внешних условий. Значительно меньше эти недостатки сказываются при дифференциальном преобразователе, включенном в частотнозависимые цепи двух генераторов. Их частоты измеряются методом биений. Как известно [Воейков, 1964], генераторы на биениях имеют достаточно сложную схему, которая кроме двух генераторов содержит преобразователь частоты, фильтр, модулятор, буферные каскады и антенну. Усложнение схемы снижает надежность работы преобразователя, увеличивает потребляемую энергию и размеры

преобразователя, что делает его непригодным для решения поставленной задачи.

На кафедре автоматизации производственных процессов Ленинградского горного института разработан датчик для преобразования величины опускания кровли камер в частоту электромагнитных колебаний, лишенный перечисленных выше недостатков и удовлетворяющий предъявляемым требованиям (рис. 1*а*). Преобразователь состоит из двух одинаковых *LC*-генераторов на полупроводниковых триодах, в колебательные контуры которых параллельно основной емкости включена емкость дифференциального конденсатора *3*, зависящая от изменения измеряемого параметра. Нагрузкой каждого генератора *1*, *2* служит передающая ферритовая антенна *4*, *5*. При изменении измеряемой величины частота автоколебаний одного генератора

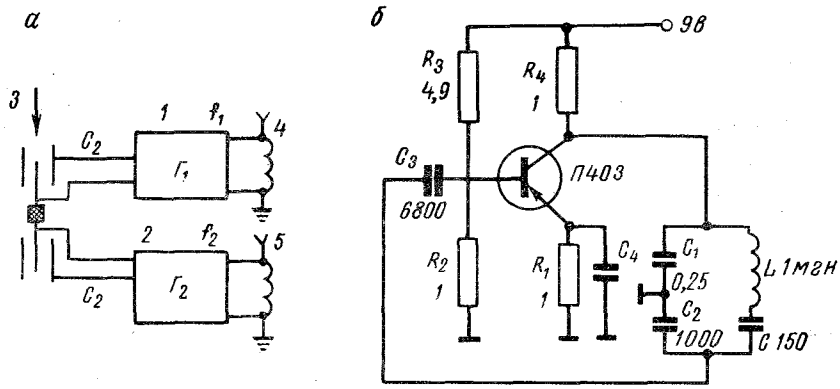


Рис. 1. Блок-схема частотного преобразователя (*а*) с принципиальной схемой задающего генератора (*б*).

f_1 увеличивается и другого — уменьшается f_2, поэтому информация содержится в сигналах обоих генераторов и передается ими одновременно. Приемное устройство, расположенное в пункте измерений, принимает оба сигнала и выделяет частоту биений.

Относительная нестабильность разностной частоты или частоты биений двух генераторов:

$$\frac{\Delta f_р}{f_р} = \frac{f_1 \Delta f_{отн_1}}{f_{р_{max}} - f_{р_{min}}} - \frac{f_2 \Delta f_{отн_2}}{f_{р_{max}} - f_{р_{min}}},$$

где $\Delta f_{отн_1}$ и $\Delta f_{отн_2}$ — относительная нестабильность первого и второго генераторов; $f_{р_{max}}$ и $f_{р_{min}}$ — максимальная и минимальная частоты биений.

Как видно из этой формулы, стабильность частоты биений определяется двумя факторами: шириной полосы частоты биений и (при равных частотах генераторов) разностью изменений частот каждого генератора.

При использовании дифференциальной емкости и двух одинаковых генераторов, настроенных на равные частоты, можно добиться, чтобы изменение частоты обоих генераторов было примерно одинаковым, тогда относительное изменение частоты биений, вызванное дестабилизирующими факторами, будет минимальным:

$$\frac{\Delta f_р}{f_р} = \frac{(\Delta f_1 - \Delta f_2)}{f_{р_{max}} - f_{р_{min}}}.$$

Кроме этого, стабильность частоты биений уменьшается с увеличением полосы частот биений. Достоинства этого метода построения схемы использованы в предлагаемом преобразователе. На рис. 1*б* приведена принципиальная схема генератора Колпитца [Расчет транзисторных цепей, 1964], где конденсаторы C_1, C_2, C и индуктивность образуют резонансный контур.

Обратная связь осуществляется через низкоомную цепь, образованную емкостью $C_э$. Сопротивления R_1, R_2, R_3, R_4 определяют положение рабочей точки. Величины этих сопротивлений выбраны так, чтобы они не влияли на колебательный режим схемы.

Емкость C, включенная в резонансный контур последовательно с индуктивностью L, повышает стабильность частоты генератора при изменении параметров транзистора, вызванном колебаниями температуры и напряжения источника питания.

Частоту колебаний генератора, собранного по такой схеме, можно определить как

$$\omega^2 = \frac{1}{LC_э} + \frac{h_{22б}}{C_1C_2h_{11б}};$$

где $h_{11б}$ и $h_{22б}$ — параметры триода;

$$\frac{1}{C_э} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C}.$$

Для данной схемы (рис. 1)

$$\omega^2 = \frac{1}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 150 \cdot 10^{-12}} + \frac{1}{1000 \cdot 10^{-12} \cdot 0.25 \cdot 10^{-6} \cdot 30} =$$

$$= 6{,}6 \cdot 10^{12} + 1{,}33 \cdot 10^{8} = 6{,}6 \cdot 10^{12},$$

$$\omega = 2{,}5 \cdot 10^{6}.$$

Частоту автоколебаний достаточно точно можно определить выражением

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 400 \text{ кгц}.$$

Основным источником нестабильности частоты генераторов является изменение параметров колебательных контуров. Если под влиянием внешних факторов изменятся индуктивность или емкость колебательного контура на величину ΔC или ΔL, то изменится частота каждого генератора на Δf_1, равную [Воейков, 1964]:

$$\Delta f_1 = f_1 - f_1' = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} - \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+\Delta C')}} \approx f_1 \frac{\Delta C'}{2C},$$

$$\Delta f_1 = f_1 - f_1' = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} - \frac{1}{2\pi\sqrt{(L-\Delta L')C}} \approx f_1 \frac{\Delta L'}{2L}.$$

Аналогично для изменения частоты второго генератора

$$\Delta f_2 = f_2 - f_2'' \approx f_2 \frac{\Delta C''}{2C},$$

$$\Delta f_2 = f_2 - f_2'' \approx f_2 \frac{\Delta L''}{2L}.$$

Изменение частоты биений

$$\Delta f_р = (\Delta f_1 - \Delta f_2) = f \frac{(\Delta C' - \Delta C'')}{2C} = f \frac{(\Delta L' - \Delta L'')}{2L}$$

и будет тем меньше, чем меньше разность изменений параметров колебательных контуров.

Влияние изменения температуры Δt окружающей среды вызовет изменение частоты биений на величину $\Delta f_р = \Delta f_{t_1} - \Delta f_{t_2}$, равную при $f_1 = f_2$

$$\Delta f_р = (\alpha_1 f_1 - \alpha_2 f_2)\,\Delta t = f(\alpha_1 - \alpha_2)\,\Delta t,$$

где α_1, α_2 — температурные коэффициенты частоты генераторов,

$$\alpha_1 = -\frac{\alpha_C' + \alpha_L'}{2}; \quad \alpha_2 = \frac{\alpha_C'' + \alpha_L''}{2};$$

α'_C, α''_C, α'_L, α''_L — температурные коэффициенты конденсаторов и катушек контуров генераторов,

$$\Delta\alpha_C = \alpha''_C - \alpha'_C; \quad \Delta\alpha_L = \alpha''_L - \alpha'_L.$$

Тогда

$$\Delta f_p = \pm \frac{f}{2} (\Delta\alpha_C + \Delta\alpha_L) \Delta t.$$

Таким образом, стабильность данного метода измерений зависит главным образом от идентичности элементов схем обоих генераторов. Полоса частот биений в исследуемом преобразователе равна 4 *кгц*. При чувствительности 100 *гц/мм* и частоте генератора 400 *кгц* нестабильность не должна превышать 0,1%.

Так как генераторы и передающие антенны расположены на близком расстоянии, то трудно полностью устранить их взаимное влияние. Это влияние приводит к захватыванию колебаний одного генератора другим в области, где частоты генераторов близки. Это приводит к возникновению зоны нечувствительности при изменении воздействующего на вход датчика параметра. Как видно из рис. 2, при выбранном расстоянии между антеннами частоты генераторов должны отличаться на величину Δf.

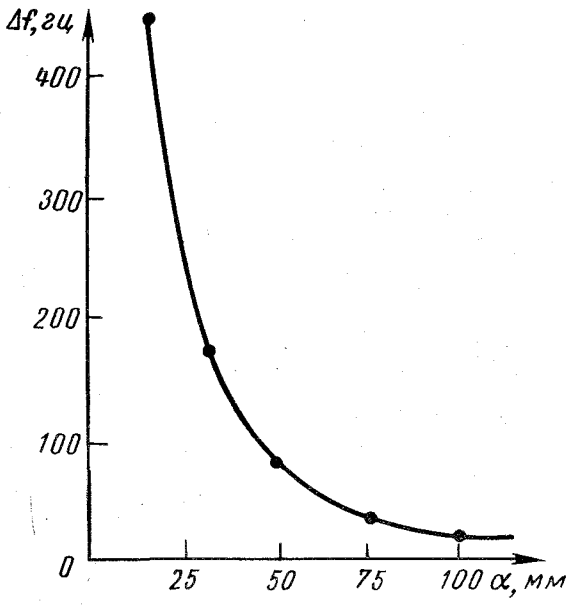


Рис. 2. Зависимость частоты захвата от расстояния между антеннами, полученная на действующем макете преобразователя.

Величину опускания кровли камеры можно измерять методом глубинных реперов. В этом случае свободный конец глубинного репера скрепляется с подвижной пластиной дифференциального конденсатора. Перемещение репера преобразуется в изменение емкости дифференциального конденсатора. Преобразователь и передающие антенны, помещенные в герметичный кожух, закрепляются внутри скважин. По мере опускания кровли камеры глубинный репер перемещается относительно закрепленного блока, что вызывает перемещение средней пластины дифференциального конденсатора.

Экспериментальное исследование макета преобразователя дало следующие результаты: за 4 *ч* работы нестабильность частоты во времени каждого из генераторов не превышает 0,023%, а относительная нестабильность разностной частоты — 0,002%; при полосе частоты биений 5 *кгц* средняя чувствительность преобразования 100 *гц/мм*; потребляемая преобразователем мощность 50 *Мвт*.

ЛИТЕРАТУРА

Бобков-Эстеркин В. И. Исследование средств контроля за поведением слоистой кровли, закрепленной штангами, при камерной системе разработки. Автореф. канд. диссертации. МГИ, 1966.

Воейков Д. Д. и др. Конструирование низкочастотных генераторов. Энергия, 1964.

Новицкий П. В. Проблема создания частотных датчиков для всех электрических и неэлектрических величин. Измерит. техн., № 4, 1961.

Расчет транзисторных цепей. Энергия, 1964.