



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 691885

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 23.06.77 (21) 2500509/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.10.79. Бюллетень № 38

Дата опубликования описания 18.10.79

(51) М. Кл.²

G 06 G 7/48

(53) УДК 681.333
(088.8)

(72) Автор
изобретения

В. М. Овсянко

(71) Заявитель

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени
политехнический институт

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОКРАТНО
НАГРУЖАЕМОЙ ПЛИТЫ НА ПРОТАИВАЮЩЕМ ОСНОВАНИИ

1

Предлагаемое изобретение относится к области аналоговой вычислительной техники и предназначено для расчета плит на протаивающем основании при условии многократного нагружения.

Известны электрические модели, предназначенные для расчета объектов строительной механики и прикладной теории упругости [1]. Недостатками известных устройств является узость функциональных возможностей, необходимость ручного многоциклового уравнивания.

Наиболее близким по технической сущности является устройство, содержащее резисторную сетку и источник тока, подключенный к центральному узлу резисторной сетки, который через инвертор подключен к первому входу сумматора, выход которого соединен через резистор с центральным узлом резисторной сетки, первый, второй, третий и четвертый узлы которой соответственно соединены с другими входами сумматора [2].

2

Недостаток известного устройства заключается в однозначности нагрузочной характеристики.

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей устройства путем обеспечения возможности изменения нагрузочной характеристики.

Для достижения цели в устройстве дополнительно введены функциональные преобразователи, резисторы, источники опорного напряжения, источник питающего напряжения, управляющее реле и исполнительное реле, причем центральный узел резисторной сетки через согласующий резистор соединен со входом первого функционального преобразователя, выход которого соединен с обмоткой управляющего реле, обмотки исполнительных реле через группу контактов исполнительных реле и группу контактов управляющего реле соединены с источником питающего напряжения, вход первого функционального преобразователя через первый, второй и третий последователь-

но соединенные дополнительные резисторы подключены к первому источнику опорного напряжения, параллельно второму и третьему дополнительным резисторам подключены соответственно замыкающие контакты первого и второго управляющих реле второй источник опорного напряжения через четвертый, пятый, шестой и седьмой последовательно включенные дополнительные резисторы соединен со входом второго функционального преобразователя, параллельно пятому, шестому и седьмому дополнительным резисторам подключены соответственно замыкающие контакты первого, второго и третьего исполнительных реле, выходы второго функционального преобразователя подключены соответственно к выводам входного резистора инвертора.

При этом первый функциональный преобразователь содержит усилитель, диоды, резисторы и третий источник опорного напряжения, причем вход усилителя является входом первого функционального преобразователя и соединен с двумя диодами, первый из которых непосредственно, а второй через второй резистор подключены к выходу усилителя, являющемуся выходом первого функционального преобразователя, а общий вывод второго диода и первого резистора через третий диод соединен с шиной нулевого потенциала и через второй резистор подключен к источнику опорного напряжения, а второй функциональный преобразователь содержит диоды, резисторы и четвертый источник опорного напряжения, причем цепочки из последовательно включенных первого и второго резисторов и первого диода подключены свободными выводами к выходам второго функционального преобразователя, а общий вывод первого и второго резисторов через второй диод соединен с четвертым источником опорного напряжения, и общий вывод второго резистора и первого диода является входом второго функционального преобразователя.

На фиг. 1 приведен график зависимости реактивного давления P протаивающего основания от осадка плиты ω при многократном нагружении конструкции.

На фиг. 2 показана принципиальная схема устройства для моделирования многократно нагружаемой плиты на протаивающем основании.

Устройство содержит узлы 0-12, резисторной сетки 13, источник тока 14,

инвертор 15, сумматор 16, первый функциональный преобразователь 17, второй функциональный преобразователь 18, группы контактов управляющего и исполнительных реле 19, управляющего реле 20, исполнительные реле 21, 22, 23, 24 и 25, первый источник опорного напряжения 26, второй источник опорного напряжения 27, третий источник опорного напряжения 28, четвертый источник опорного напряжения 29, дополнительные резисторы 30, 31, 32, 33, 34, 35 и 36, согласующий резистор 37, усилитель первого функционального преобразователя 38, резисторы первого функционального преобразователя 39 и 40, диоды первого функционального преобразователя 41-43, резисторы второго функционального преобразователя 44 и 45, диоды второго функционального преобразователя 46 и 47, источник питающего напряжения 48 и входной резистор инвертора 49.

При расчете плиты на протаивающем основании принимаем следующее. Зависимость между реакцией протаивающего основания P и осадкой плиты ω принимается в виде, показанном на фиг. 1. При протаивании основания между плитой и основанием образуется зазор Z_1 . При первом нагружении плиты какой-либо нагрузкой основание либо не включилось в работу (1 участок диаграммы), либо работает в упругой области (II участок), либо перешло в пластическую область (III участок). Для учета многократного нагружения разобьем диаграмму на фиг. 1 на ряд участков, считая, что первое нагружение плиты идет по ABCD, а после разгрузки в случае, если перемещение узла плиты превзойдет ω_a , но не дойдет до ω_b , характер работы будет определяться иной диаграммой AEDF. Пунктирные линии на диаграмме показывают как происходит разгрузка плиты после очередного нагружения. Так как заранее неизвестно, до какой точки III участка диаграммы на фиг. 1 при очередном нагружении доходит перемещение ω плиты, то и неизвестно, по какой из наклонных прямых будет происходить разгрузка. Представим эти возможные варианты разгрузки для простоты тремя пунктирными прямыми. Принципиально число этих прямых может быть гораздо большим. Таким образом, диаграмма на фиг. 1 позволяет учитывать остаточные деформации грунта, что соответствует наиболее реальному характеру работы основания. В таком сложном виде

постановка задачи по расчету плиты на протаивающем основании с учетом остаточных деформаций грунта при многократном нагружении-разгрузке выполняется впервые.

Задачу расчета плиты на упругом основании в общем виде запишем так:

$$\frac{d^4 \omega}{dx^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = \frac{q}{D} - \frac{P}{D}, \quad (1)$$

где ω - прогиб плиты из плоскости;
 D - цилиндрическая жесткость плиты;

q - интенсивность внешней нагрузки;

P - реакция оснований, которая для участка диаграммы (фиг. 1) равна $P_i = 0$ (2)

$$\text{для участка II} \quad P_{II} = K(\omega - z_i) \quad (3)$$

$$\text{для участка III} \quad P_{III} = K z_0, \quad (4)$$

где K - коэффициент постели упругого основания, значения z_0 и z_i ($i = 1, 2, 3, 4$) ясны из чертежа.

Тогда, при разбивке пластины квадратной сеткой с шагом h выражение (1) для участков I, II, III с учетом (2-4) запишется в конечно-разностной форме соответственно так:

$$-20\omega_0 + 8(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4) - 2(\omega_5 + \omega_6 + \omega_7 + \omega_8) - (\omega_9 + \omega_{10} + \omega_{11} + \omega_{12}) = -\frac{qh^4}{D}, \quad (5)$$

$$-20\omega_0 + 8(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4) - 2(\omega_5 + \omega_6 + \omega_7 + \omega_8) - (\omega_9 + \omega_{10} + \omega_{11} + \omega_{12}) - \frac{Kh^4}{D}(\omega_0 - z_i) = -\frac{qh^4}{D},$$

$$i = 1, 2, 3, 4. \quad (6)$$

$$-20\omega_0 + 8(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4) - 2(\omega_5 + \omega_6 + \omega_7 + \omega_8) - (\omega_9 + \omega_{10} + \omega_{11} + \omega_{12}) - \frac{Kh^4}{D} z_0 = -\frac{qh^4}{D}.$$

$$(7)$$

Какое из полученных уравнений является действительным для данной нагрузки заранее определить нельзя, поэтому в такой постановке задача является конструктивно нелинейной.

При электро моделировании многократно нагружаемой плиты на протаивающем

основании на каждый узел сетки предназначена схема, показанная на фиг. 2. При электро моделировании плиты сетка резисторов может быть набрана один раз вместе с подсоединенными к ней усилителями и остается только задавать характеристики упругого основания, реализуя на функциональных преобразователях конкретные характеристики протаивающего основания на основе диаграммы на фиг. 1.

Устройство работает следующим образом (рассмотрим работу только схемы, показанной на фиг. 2).

С целью выявления действительного характера работы плиты необходимо производить многократное ее нагружение, соответствующее характеру нагружения конструкции на строительной площадке. Нагрузке соответствует источник тока 14. Первому нагружению плиты соответствует первое значение источника тока 14 и других источников тока, включенных в другие узлы модели плиты. Если на модели отработывается перемещение узла O , равное ω_0 и находящееся на участке $0 < \omega_0 < \omega_9$, то никаких переключений в устройстве не произойдет, поэтому после разгрузки плиты, то есть отключения источников тока типа 14, модель вернется в исходное положение по ДСВА. При втором нагружении плиты, то есть после включения источников тока типа 14 с новыми значениями, соответствующими новой нагрузке, узел O будет работать по АВСД. Если при первом нагружении $\omega_0 < \omega_0 < \omega_8$ (фиг. 1), то в схеме произойдет переключение. Такие же переключения будут в случаях, если $\omega_0 < \omega_0 < \omega_c$ и, если $\omega_0 > \omega_0$, то есть при прохождении перемещения узла O через точки Д, Е, М. Если замыкающие контакты 21 и 22, включенные параллельно резисторам 31 и 32, подключенные ко входу первого функционального преобразователя раскрыты, то сумма сопротивлений резисторов 30, 31 и 32 равна сопротивлению резистора 37.

$$r_1 + r_2 + r_3 = r.$$

Примем следующую эквивалентность, связывающую источник опорного напряжения 26 (E_1) с диаграммой на фиг. 1:

$$\omega_a = \gamma E_1, \quad \omega_b = \gamma \frac{r}{r_1 + r_2} E_1, \quad \omega_c = \gamma \frac{r}{r_1} E_1,$$

Таким образом, программный блок позволяет производить сравнение напря-

жения U_0 , подаваемого на вход через резистор 37, с напряжениями, подаваемыми на второй вход усилителя 38.

Группа реле выполняет функции: управляет вторым функциональным преобразователем, перемещая точку В диаграммы (фиг. 1) в положение Е, К, N, изменяя напряжение на входе первого функционального преобразователя, то есть перемещая точку Д диаграммы в положение F, M.

Нагружение пластины можно производить многократно, то есть многократно изменять значения источников тока. История предыдущего нагружения "запоминается" устройством.

Таким образом, выполнение устройства в соответствии с изобретением позволяет моделировать очень сложную конструктивно нелинейную задачу прикладной теории упругости, которая в данной постановке никакими методами решена быть не может. Устройство позволяет автоматически для каждого узла устройства находить тот участок диаграммы работы узла, который соответствует характеру его деформации с запоминанием промежуточных результатов.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Устройство для моделирования многократно нагружаемой плиты на протаивающем основании, содержащее резисторную сетку, и источник тока, подключенный к центральному узлу резисторной сетки, который через инвертор подключен к первому входу сумматора, выход которого соединен через резистор с центральным узлом резисторной сетки, первый, второй, третий и четвертый узлы которой соответственно соединены с другими входами сумматора, отличающееся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей за счет обеспечения возможности изменения характеристики нагружения, в него дополнительно введены функциональные преобразователи, резисторы, источники опорного напряжения, источник питающего напряжения, управляющее реле и исполнительное реле, причем центральный узел резисторной сетки через согласующий резистор соединен со входом первого функционального преобразователя, выход которого соединен с обмоткой управляющего реле; обмотки исполнительных реле

через группу контактов исполнительных реле и группу контактов управляющего реле соединены с источником питающего напряжения, вход первого функционального преобразователя через первый, второй и третий последовательно соединенные дополнительные резисторы подключен к первому источнику опорного напряжения, параллельно второму и третьему дополнительным резисторам подключены соответственно замыкающие контакты первого и второго управляющих реле, второй источник опорного напряжения через четвертый, пятый, шестой и седьмой последовательно включенные дополнительные резисторы соединен со входом второго функционального преобразователя, параллельно пятому, шестому и седьмому резисторам подключены соответственно замыкающие контакты первого, второго и третьего исполнительных реле, выходы второго функционального преобразователя подключены соответственно к выходам входного резистора инвертора.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что первый функциональный преобразователь, содержит усилитель, диоды, резисторы и третий источник опорного напряжения, причем вход усилителя является входом первого функционального преобразователя и соединен с двумя диодами, первый из которых непосредственно, а второй через второй резистор, подключены к выходу усилителя, являющемуся выходом первого функционального преобразователя, а общий вывод второго диода и первого резистора через третий диод соединен с шиной нулевого потенциала и через второй резистор подключен к источнику опорного напряжения.

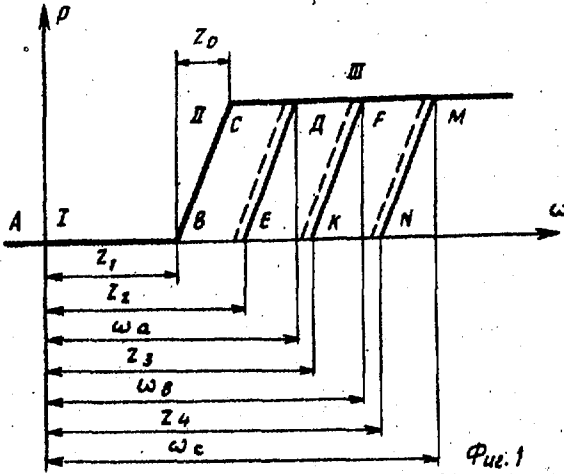
3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что второй функциональный преобразователь содержит диоды, резисторы и четвертый источник опорного напряжения, причем цепочки из последовательно включенных первого и второго резисторов и первого диода подключены свободными выводами к выходам второго функционального преобразователя, а общий вывод первого и второго резисторов через второй диод соединен с четвертым источником опорного напряжения, и общий вывод второго резистора и первого диода является входом второго функционального преобразователя.

Источники информации,
принятые во внимание при экспертизе

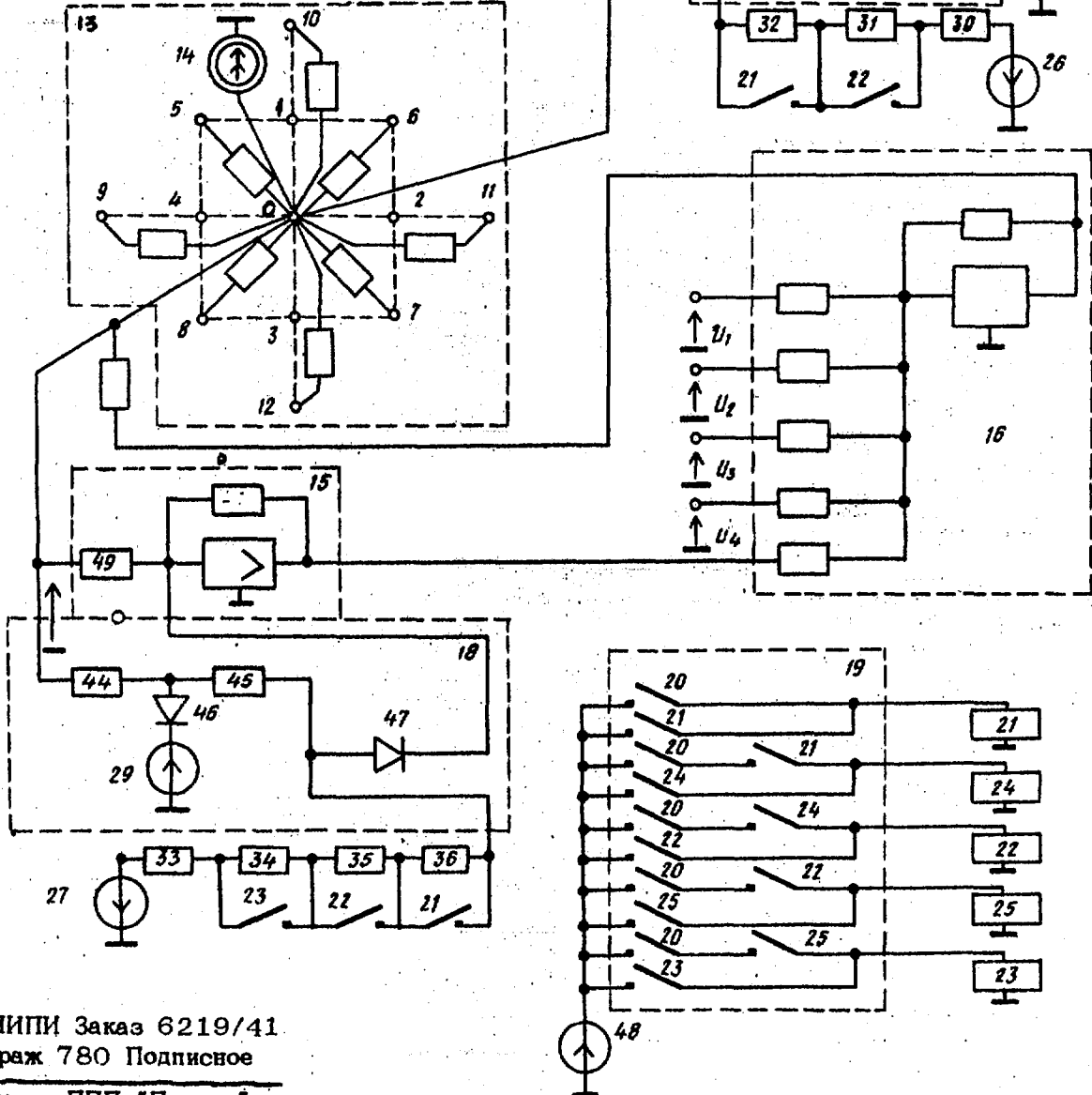
ники. К., АН УССР, 1963, с. 175-178.

1. Пухов Г. Е. и др. Электрическое моделирование задач строительной меха-

2. Авторское свидетельство СССР
то заявке № 2355328, 03.05.76,
(прототип).



Фиг. 1



Фиг. 2

ЦНИИПИ Заказ 6219/41
Тираж 780 Подписное
Филиал ППП "Патент",
г. Ужгород, ул. Проектная, 4