

*М. Ф. Зарипов, С. В. Архангельский*

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЗВЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ БЕТОНА**

Существующие дозирочные весы периодического действия [1] снабжены весовыми шкафами, имеющими по несколько коромысел, предназначенных для автоматического взвешивания компонентов различных марок бетона. При этом вес компонентов каждой марки бетона устанавливается передвижением гирь на упомянутых коромыслах весовых шкафов, смонтированных рядом с самими весами. Для включения нужного коромысла в весовой шкафу служат воздушные цилиндры, устанавливаемые на одной из стенок.

В процессе взвешивания происходит уравнивание включенных коромысел в весовой шкафу, которые при достижении данного веса должны размыкать контакты ртутных переключателей, отключающих питание катушек электровоздушных клапанов. Последние при этом перекрывают доступ воздуха к цилиндрам, открывающим впускные устройства дозирочек.

Для ручного управления процессом взвешивания, а также для контроля работы автоматического взвешивания все дозирочные весы снабжены циферблатными указателями.

Описанная система автоматизации взвешивания обладает рядом существенных недостатков: нестабильность работы ртутных переключателей из-за вибрации в цехе взвешиваний, инерционность и громоздкость системы коромысел, большое количество воздушных цилиндров с электро-воздушными клапанами, необходимыми для включения коромысел и постоянная необходимость в квалифицированном обслуживании системы коромысел. Все это приводит в конечном счете к работе системы с огромными совершенно недопустимыми погрешностями, которые на заводе доходят до 5—6%.

Этим объясняется частый отказ от работы на автоматическом управлении взвешиванием и переход на ручное управление.

Необходимость задания веса и контроля взвешивания оператором по циферблатному указателю веса в непосредственной бли-

зости оператора к весам является также крупным недостатком опсанной системы автоматизации взвешивания.

Одной из систем, устраняющей недостатки вышеописанной системы автоматического взвешивания может служить система, разработанная на кафедре «Измерительная техника» Куйбышевского политехнического института.

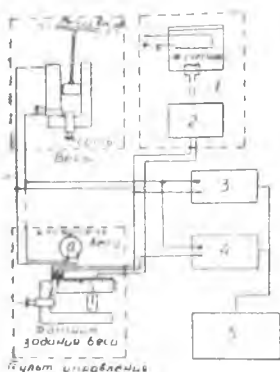


Рис. 1. Принципиальная схема соединения отдельных узлов системы автоматизации.

1 — система суммирования; 2 — усилитель мощности; 3 — нуль-индикатор режима точного взвешивания; 4 — нуль-индикатор режима грубого взвешивания; 5 — шкаф реле, управляющих затворами весов.

Система для автоматического взвешивания (рис. 1) состоит из следующих блоков:

1. Задающее устройство, выполненное на основе П-образного трансформаторного преобразователя с распределенными электромагнитными параметрами. Это устройство позволяет устанавливать необходимый вес для определенного компонента и монтируется на пульте управления оператора.

2. Чувствительный элемент, контролирующий положение подвижной части весов.

Этот элемент выполняется как датчик веса на базе П-образного трансформаторного преобразователя и устанавливается непосредственно на весах.

3. Указатель веса, представляющий собой обычный вольтметр переменного тока с большим входным сопротивлением, градуированный непосредственно в единицах веса. Указатель веса устанавливается на пульте управления.

4. Электронный усилитель напряжения и мощности для усиления разности э. д. с. с вторичных обмоток преобразователей перед подачей на вход фазочувствительного индикатора нуля.

5. Фазочувствительный индикатор нуля, выполненный на тиратронах с реле в анодных цепях, служащих для фиксации заданного веса.

6. Усилитель мощности на электронной лампе для усиления сигнала с задающего преобразователя перед входом суммирующего устройства.

7. Суммирующее устройство, выполненное на базе обычного однофазного счетчика переменного тока и устанавливаемое по желанию на пульте управления или непосредственно в планово-экономическом отделе цеха или завода. При этом градуировка счетчика производится в единицах веса интересующего компонента.

Принцип действия системы заключается в следующем.

Задающее устройство обеспечивает в процессе взвешивания поддержание на измерительной обмотке преобразователя э. д. с., величина которой пропорциональна задаваемому весу.

244

У датчика веса, подвижная часть (сердечник) которого соединяется тягой с перемещающейся частью — рычагом весов, э. д. с. в измерительной обмотке нарастает по мере увеличения взвешиваемого материала от нуля до величины, равной э. д. с. на входе преобразователя задающего устройства.

Измерительная обмотка датчика, контролирующего положение подвижной части весов, подключается встречно с измерительной обмоткой преобразователя задающего устройства. Разность э. д. с. измерительных обмоток при этом подается через усилитель на индикатор нуля. При полной компенсации срабатывает реле в цепи нуль-индикатора, отключающего электровоздушный клапан, который перекрывает доступ воздуха в цилиндры впускных ватворов и тем самым доступ взвешиваемого материала прекращается.

Система дает возможность производить предварительно грубое взвешивание для того, чтобы перед точным взвешиванием доступ взвешиваемого материала производился меньшими дозами. Для этого до полной компенсации происходит предварительная компенсация э. д. с. в цепях грубого взвешивания.

Одновременно с включением процесса взвешивания включается каждый раз на один и тот же промежуток времени (10 сек.) электрический счетчик, токовая обмотка которого через усилитель мощности подключается к измерительной обмотке преобразователя задающего устройства.

За указанный промежуток времени барабан счетчика сделает число оборотов, пропорциональное значению э. д. с. преобразователя задающего устройства, т. е. пропорциональное задаваемому весу.

К измерительной обмотке датчика, контролирующего положение подвижной части весов, подсоединяется вольтметр переменного тока, проградуированный, как указывалось ранее, в единицах веса.

Устройство и принцип действия преобразователей задающего устройства и датчика вес совершенно одинаковы.

Преобразователь (рис. 2) состоит из П-образного магнитопровода и подвижного ферромагнитного сердечника 2. На магнитопроводе размещены обмотка возбуждения и равномерно распределенная вдоль одного из длинных стержней П-образного магнитопровода измерительная обмотка. Сердечник преобразователя жестко связывается с объектом, перемещение которого необходимо преобразовать в э. д. с. и перемещается по прямолинейным направляющим, не показанным на фигуре.

Между горизонтальными плоскостями сердечника и горизонтальными стержнями магнитопровода имеется некоторый воздушный зазор, обусловленный наличием измерительной обмотки и необходимостью свободного перемещения сердечника.

При питании обмотки возбуждения переменным напряжением в измерительной обмотке индуцируется э. д. с., величина кото-

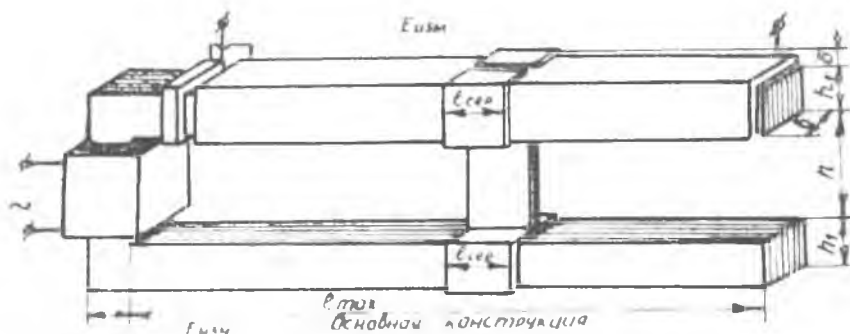


Рис. 2. Преобразователь с распределенными электромагнитными параметрами.

рой определяется значением потоков  $\Phi_B$ ,  $\Phi_C$  удельным числом витков измерительной обмотки и положением сердечника. Поток  $\Phi_C$  практически зависит только от намагничивающих ампервитков и магнитного сопротивления воздушного зазора между стержнями и магнитного сердечника.

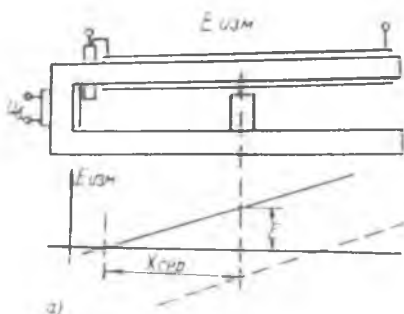


Рис. 3. Расположение компенсационной обмотки преобразователя и функциональная характеристика.

сирована с помощью дополнительной обмотки, которая подключается встречно и последовательно с измерительной обмоткой и размещается между обмоткой возбуждения и измерительной обмоткой до начального положения сердечника (рис. 3).

В нашем случае у преобразователя, служащего в качестве датчика задания веса, кроме компенсационной обмотки вместе с ней наматывается сдвигающая обмотка, включенная также последовательно и встречно с измерительной обмоткой и согласно с компенсационной обмоткой. Эта обмотка служит для того, чтобы сдвинуть вправо характеристику и тем самым несколько сместить вправо положение сердечника, при котором результирующая э. д. с. во вторичной обмотке задающего преобразователя

зависит от положения сердечника. Ввиду того, что при перемещении сердечника воздушный зазор не изменяется, т. е. значение потока  $\Phi_C$  остается неизменным. Поток  $\Phi_B$  замыкающийся в промежутке между стержнями, исключая область сердечника, также зависит только от геометрических размеров П-образного магнитопровода и ампервитков возбуждения.

Постоянная составляющая э. д. с. представляющая собой начальное значение, т. е. значение э. д. с. в начальном положении сердечника, может быть скомпен-

всегда меньше э. д. с. измерительной и компенсационной обмотки, соответствующей измеряемому весу.

Сердечник задающего устройства перемещается по направляющим с помощью червячной передачи. Причем, стрелка, связанная с сердечником, указывает десятки кг, а поверхность диска с ручкой вращения червяка разделена на 10 секторов, каждый из которых соответствует 1 кг задаваемого веса.

Значение веса с точностью до 1 кг устанавливается с помощью указанного диска соответствующий сектор которого совмещается с неподвижной стрелкой, укрепленной на корпусе преобразователя.

Полный ход подвижного сердечника как у преобразователя задающего устройства, так и у преобразователя — датчика веса равняется 50 мм, рабочий ход — 40 мм.

Преобразователь задающего устройства и преобразователь, выполняющий роль датчика веса, имеют совершенно одинаковые габаритные размеры и обмоточные данные. Датчик веса от преобразователя задающего устройства отличается лишь конструкцией подвижной части. Подвижная часть датчика веса перемещается совершенно свободно на роликах по направляющим, будучи связана тягой на шарнирах с рычагом весов.

Таким образом, перемещение подвижной части датчика веса происходит пропорционально весу взвешиваемого материала.

При расчете чувствительных элементов обычно задаются напряжением возбуждения преобразователей, необходимым напряжением измерительных обмоток и габаритами магнитопровода. Задаются также индукцией в сечении стержней П-образного магнитопровода, причем величина ее выбирается в зависимости от магнитного материала такой, чтобы максимальное значение не выходило из области постоянства магнитного сопротивления стали. Обыкновенно сопротивление стали в магнитопровод при этом является минимальным.

Расчет сводится к определению удельного числа витков измерительной обмотки, числа витков обмотки возбуждения, компенсационной и сдвигающей обмоток. Расчетом определяется также сечение проводов всех обмоток.

Определение необходимых чисел витков обмоток и сечение проводов при этом производится следующим образом.

Э. д. с. в измерительной обмотке равна:

$$E_u = \frac{j\omega U_B w_B g_\delta w_{уд} x_c}{R_B + j\omega w_B \sigma_\Sigma}$$

В этом выражении:

$g_\delta$  — магнитная проводимость в зазоре между сердечником и стержнями;

$\omega$  — частота сети;

$w_{уд}$  — удельное число витков измерительной обмотки;

$R_b$  — электрическое сопротивление провода обмотки возбуждения;

$\sigma_{\Sigma}$  — общая магнитная проводимость преобразователей;

$U_b$  — напряжение сети;

$W_b$  — число витков обмотки возбуждения;

$X_c$  — координаты сердечника.

Число витков сдвигающей обмотки подбирается, исходя из того, что грубая компенсация должна происходить при значении веса, равного заданному за вычетом 10% от максимального веса, который можно измерить на данных весах. Следовательно, необходимо нулевую точку сдвинуть на длину, равную 10% от максимального длины рабочего перемещения.

Устройство, усиливающее сигнал рассогласования выходных э. д. с. измерительных обмоток с последующим фиксированием нулевого значения разности э. д. с. состоит из следующих узлов (рис. 4): усилитель напряжения; усилитель мощности; тиратронный нуль-индикатор для точного и грубого фиксирования веса; выпрямитель; силовой трансформатор.

Следует отметить, что блок усилителя и тиратронного индикатора нуля в этом устройстве заимствованы из [6].

Рассмотрим работу каждого из узлов отдельно.

Усилитель напряжения собран по обычной схеме усилителя на сопротивлениях. При этом используется одна половина лампы 6Н9С. На вход усилителя подается разность э. д. с. измерительных и компенсационных обмоток обоих преобразователей. Усиленное напряжение с сопротивления через переходной конденсатор  $C_7$  подается на вход усилителя мощности.

Усилитель мощности собирается на второй половине лампы 6Н9С по схеме катодного повторителя. Напряжение с усилителя мощности подается на сетку тиратрона Л-4.

Тиратрон Л-4 с реле Р-1 служит для точного фиксирования заданного веса.

Тиратрон Л-3 с реле Р-2 служит для грубого фиксирования заданного веса.

При этом на вход тиратрона Л-3 подается разность э. д. с. со всех вторичных обмоток преобразователей, включая и сдвигающую обмотку преобразователя задающего устройства. В этом случае разность э. д. с. уменьшается до нуля в тот момент, когда вес взвешиваемого материала достигается 90% заданного веса. А э. д. с., подаваемая на вход тиратрона Л-4, уменьшается до нуля лишь в момент точного фиксирования заданного веса.

На экранирующие сетки тиратронов подается одинаковое постоянное смещающее напряжение, благодаря которому тиратрон Л-4 до достижения заданного веса остается открытым, а тиратрон Л-3 закрытым до момента, пока вес материала не будет равным 90% заданного веса.

В этом случае реле Р-1 и Р-2 постоянного тока со сглаживающими конденсаторами С<sub>5</sub> и С<sub>6</sub>, включенные в анодные цепи тиратронов соответственно разомкнуто и замкнуто, замкнуты также контакты реле РП-1 и РП-2. Следовательно, затворы всыпных

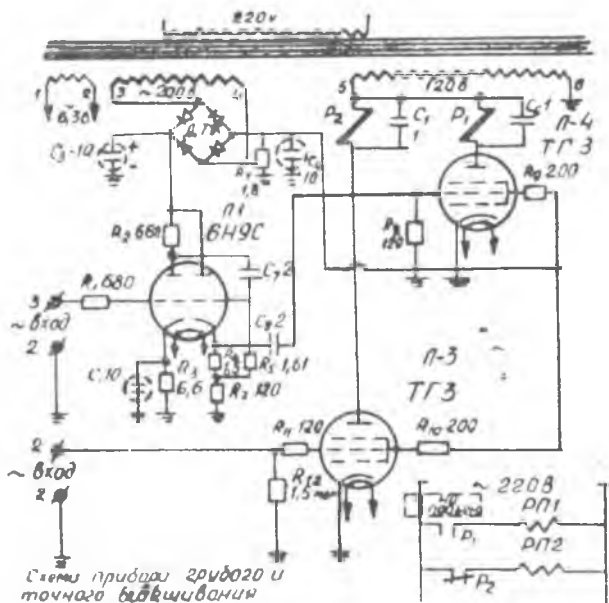


Рис. 4. Принципиальная схема электронного усилителя и индикатора нуля.

устройств весов открыты и происходит засыпка материала на весы большими дозами.

Когда же вес материала достигает 90% от заданного, э. д. с. на выходе тиратрона Л-3 уменьшается до нуля, тиратрон Л-3 открывается, а контакты реле Р-2 размыкаются, замыкая при этом РП-2, которое отключается пневматическое устройство, уменьшая тем самым доступ взвешиваемого материала. Подача материала меньшими дозами улучшает условия точной фиксации заданного веса.

При достижении заданного веса э. д. с. на входе тиратрона Л-4 уменьшается до нуля, реле Р-1 и РП-3 замыкаются и доступ взвешиваемого материала прекращается.

Одновременно подается сигнализация и команда на дальнейшие технологические операции в цехе.

Питание анодных цепей усилителя напряжения и мощности, а также создание смещающего напряжения на сетках тиратронов возможно благодаря включению в схему двухполупериодного вы-

прямителя, собранного из четырех полупроводниковых диодов Д7Ж. При этом конденсатор  $C_3$  служит для сглаживания пульсации питающего напряжения.

Напряжение для цепей накала усилителей и тиратронов, для выпрямителя и анодных цепей тиратронов снимается с соответствующих вторичных обмоток силового трансформатора.

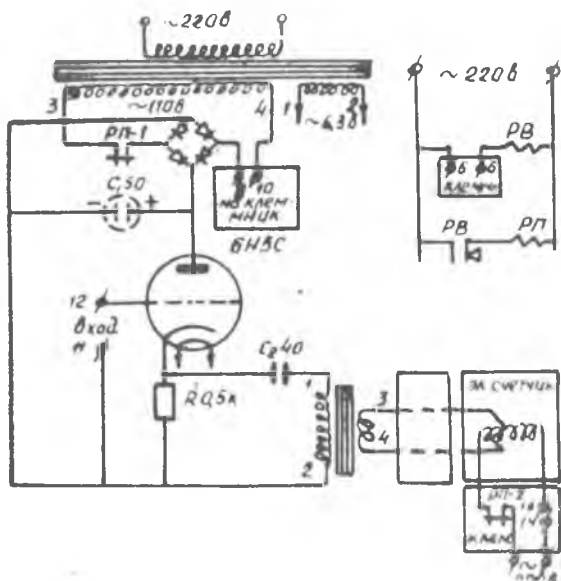


Рис. 5. Принципиальная схема системы суммирования.

увеличения мощности выходного сигнала обе половины лампы параллельны. На вход усилителя мощности подается э. д. с. с последовательно и встречно соединенных измерительной и компенсационной обмоток задающего преобразователя.

Входной сигнал с усилителя мощности подается через понижающий переходной трансформатор на токовую катушку обычного однофазного электрического счетчика переменного тока. Катушка напряжения этого счетчика рассчитана на напряжение в 127 в, но с целью увеличения чувствительности суммирующего устройства она включается в сеть 220 в, что допустимо ввиду повторно-кратковременного режима работы счетчика.

Двухполупериодный выпрямитель, собранный на полупроводниковых диодах ДГЦ-24, служит для питания анодной цепи усилителя мощности.

При каждом включении цикла взвешивания одновременно замыкаются контакты 8-10, 5-6, 13-14 в цепях обмотки напряжения счетчика, цепи выпрямителя и катушки реле времени.

Контакты реле времени замыкаются с постоянной для каждого цикла выдержкой времени (10 сек) и включают реле РП, ко-

тормозит работу реле времени.

Система суммирования, принципиальная схема которой показана на рис. 5, служит для учета взвешиваемого компонента и состоит из усилителя мощности, переходного трансформатора электрического счетчика, выпрямителя, реле времени, промежуточного реле и силового трансформатора.

Усилитель мощности собран по схеме катодного повторителя на лампе 6Н5С, у которой с целью



торое своими н. з. контактами РП-1 и РП-2 отключает систему суммирования.

Счетчик за это время делает число оборотов, пропорциональное заданному весу.

Прекращение цикла взвешивания возвращает систему в исходное положение. При новом цикле взвешивания работа системы суммирования повторяется в той же последовательности.

Вся схема суммирования за исключением оперативной цепи и обмотки напряжения счетчика питается от силового трансформатора.

В заключение следует отметить, что описанная система автоматизации взвешивания была выполнена в проблемной лаборатории и прошла успешные испытания на заводе № 1 треста «Железобетон».

Указанный завод по договоренности с Совнархозом заказал учебно-экспериментальному заводу Куйбышевского политехнического института первую серию промышленных образцов указанной системы.

В качестве выводов по применению описанной системы следует заметить:

1. Система дает возможность заданий веса и контроля за автоматическим взвешиванием на расстоянии, благодаря чему пульт управления можно установить в отдельном чистом помещении, централизуя при этом управление несколькими секциями дозировак в руках одного оператора.

2. Система дает возможность суммировать количество материала, прошедшего через весы при каждом цикле взвешивания и тем самым производить оперативный учет расхода дорогостоящих компонентов (например, цемента).

3. Компенсационная схема соединения чувствительных элементов исключает влияние колебаний напряжения сети на погрешность системы.

Погрешности автоматического взвешивания при этом не превышают  $\pm 0,5\%$ , что свидетельствует об увеличении точности автоматического взвешивания в 8—10 раз по сравнению с точностью существующей системы автоматизации.

4. Система дает возможность дальнейшей автоматизации установки, а также всего бетоносмесительного цеха в целом. При этом особенно легко могут быть использованы автоматические регистрирующие устройства, а также элементы счетно-решающей техники, позволяющие управлять взвешиванием по заданной программе.

5. Внедрение описываемой системы не требует никаких серьезных переделок к существующей системе исполнительных устройств и может быть проведено без остановки технологического процесса. Таким образом, внедрение системы в производство не потребует больших денежных расходов.

6. Система автоматизации после освоения ее заводом дает возможность высвобождения большой производственной площади, занимаемой в настоящее время весовыми шкафами и циферблатами весов. Это, в свою очередь, облегчит полную автоматизацию бетоносмесительного цеха.

7. В качестве указателя веса может быть установлен ферродинамический прибор, разработанный также на кафедре «Измерительная техника». В этом случае появится возможность записи каждого взвешивания.

8. Вся система в целом может быть успешно использована и для других целей не связанных со взвешиванием, например, она может быть использована для контроля уровня жидкости, контроля положения подвижных частей различных механизмов (станков, пресса, разрывных машин и т. д.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Б. Карпин — «Весоизмерительные автоматы», Машгиз, 1958.
  2. Л. Ф. Кулуковский, М. Ф. Зарипов. Преобразователи с распределенными электромагнитными параметрами для измерения больших линейных перемещений. Изд. ЦИТЭИН, 1961.
  3. А. А. Кольцов, М. Ф. Зарипов. Датчики линейных перемещений: Авторское свидетельство № 126168 с приоритетом от 2/III-1959 года.
  4. А. А. Кольцов, М. Ф. Зарипов. Электромеханический трансформаторный датчик. Авторское свидетельство № 133677 с приоритетом от 7/X-1959 года.
  5. А. А. Кольцов, М. Ф. Зарипов и Л. Ф. Куликовский: Датчик перемещения. Авторское свидетельство № 132975 с приоритетом от 15/II-1960 г.
  6. О. И. Ульянов, А. А. Степанян. Прибор для контроля режима герметизации автомобильных свечей. Промышленно-экономический бюллетень Куйбышевского совнархоза, № 7, 1959.
-