

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний для автоматичних систем контролю і регулювання рівня електропровідних рідин, наприклад, в металургійній промисловості.

Відомий сигналізатор рівня електропровідної рідини [1], який вміщує кондуктивний датчик у вигляді двох контактних щупів, автогенератор, багатообмоточний трансформатор, три транзистори і виконавче реле. Недоліком цього пристрою є його складність і низька надійність при роботі з рідинами, забрудненими технічними маслами.

Найбільш близьким до винаходу по технічній суті (прототипом) є сигналізатор рівня електропровідної рідини [2], який вміщує кондуктивний датчик у вигляді двох контактних щупів, джерело змінного струму, тиристор і вихідне реле.

Недоліком цього пристрою є низька надійність при роботі з рідинами, забрудненими технічними маслами.

Забезпечення працездатності пристроїв по [1] і [2] досягається очищенням контактних щупів від масляної плівки.

Поставлена задача - збільшення періоду працездатності датчика при роботі з електропровідними рідинами, забрудненими технічними маслами.

Рішення цієї задачі досягається тим, що низьковольтне джерело змінного струму підключене до входу випрямного мосту М; до позитивного полюсу виходу М підключена одна сторона обмотки вихідного реле постійного струму, друга сторона якої підключена до аноду діода, катод якого з'єднаний з анодом діністора, а катод цього діністора з'єднаний з негативним полюсом випрямного мосту М; паралельно обмотці вихідного реле включений конденсатор С1; крім того, позитивний полюс випрямного мосту М підключений до однієї сторони котушки індуктивності, друга сторона якої підключена до колектора транзистора типу n-p-n, емітер якого з'єднаний з омичним опором R1, а другий контакт R1 підключений до негативного полюсу випрямного мосту М; між позитивним і негативним полюсами мосту М включений повний опір потенціометру, повзунок якого підключений до бази транзистора; між емітером транзистора і позитивним полюсом мосту М включений конденсатор С2; вузол з'єднання катоду діода з анодом діністора з'єднаний з одним із контактних щупів, при цьому другий контактний щуп з'єднаний з колектором транзистора, самі контактні щупи використовуються для контролю рівня електропровідної рідини, а контакти вихідного реле підключені до схеми автоматики.

Принципова схема пристрою приведена на фіг. Схема складається з низьковольтного джерела НІ синусоїдальної напруги, випрямного мосту М, діністора Д1, діода Д2, реле постійного струму 1Р, високовольтного транзистора Т, індуктивності L з активним опором R<sub>L</sub>, потенціометра П, конденсаторів С1 і С2, опору R1 і контактних щупів Щ1, Щ2.

Розглянемо роботу схеми враховуючи наступні обмеження:

$$R1 \times C2 > 1/f \quad (1)$$

$$R_L \times C2 > 1/f \quad (2)$$

$$R_p \times C1 > 1/f \quad (3)$$

$$R_n / R_L < k \quad (4)$$

$$U_a < U_d \quad (5)$$

$$E_a > U_d \quad (6)$$

де f - частота джерела ІН; R<sub>L</sub> - омичний опір індуктивності L; R<sub>p</sub> - омичний опір обмотки реле 1Р; m - опір частини потенціометру П між його повзунком і позитивним полюсом випрямного мосту М; k - коефіцієнт підсилювання по струму транзистора Т; U<sub>a</sub> - амплітуда напруги джерела ІН; U<sub>d</sub> - напруга пробією діністора Д1; E<sub>a</sub> - амплітуда ерс самоіндукції L в момент зачинення Т. Для спрощення подальшого викладу припустимо, що в момент включення джерела ІН рідина знаходиться на рівні 1, тобто контактні щупи не замкнуті цією рідиною.

Після включення ІН реле 1Р залишається без струму в силу справедливості (5). Конденсатор С2 зарядиться до напруги U<sub>c</sub>, приблизно рівної відношенню  $U_a \times R1 / (R1 + m)$  і ця напруга, в силу справедливості (1) і (2), буде практично незмінною. При цьому кожен півхвилю напруги живлення відбуватиметься наступне:

а). Поки  $u < U_c$  (де u - миттєве значення напруги живлення), міст М зачинений, а конденсатор С2 розряджується по двох колах  $((+C2) - m - B - (-C2))$  і  $((+C2) - R_L - L - k - E - (-C2))$  (тут k, E, B - колектор, емітер і база транзистора Т відповідно). В силу справедливості (4) транзистор Т повністю відчинений.

б). Коли  $u > U_c$  міст М відчиняється і в колі C2 - R1 з'являється струм; при цьому на емітері Т виникає позитивний потенціал по відношенню до його бази і транзистор Т зачинений. Коли вказана умова порушується, схема переходить в режим, описаний в п. а).

Найбільш важливим з точки зору роботи пристрою є момент зачинення транзистора Т. При цьому в індуктивності L наводиться ерс самоіндукції, амплітудне значення якої E<sub>a</sub> може значно перевищувати U<sub>a</sub>. В цей момент у індуктивності L змінюється полярність напруги (вона для цього моменту вказана на фіг. в дужках). Якщо в зоні щупів Щ1, Щ2 нема рідини то енергія, що накопичена L розряджується через опір ізоляції підключених кіл. А якщо щупи Щ1, Щ2 замкнуті рідиною, то E<sub>a</sub> прикладається до діністора Д1 по колу K - Щ2 - Щ1 - Д1 - K1 - C2 - R<sub>L</sub>; діністор Д1 пробивається в силу справедливості (6), ємність С1 заряджується через відчинений діністор Д1, реле 1Р спрацьовує і утримується в такому стані до з'яви наступного імпульсу в силу справедливості (3). Таким чином, поки щупи Щ1, Щ2 замкнуті рідиною, реле 1Р збуджено, а коли рідина опускається нижче рівня щупів реле 1Р відключається через час, приблизно рівний  $R_p \times C2$ .

Значення E<sub>a</sub> (і, отже, чутливість пристрою) регулюється положенням повзунка потенціометру П.

Вище відмічалось, що амплітуда ерс самоіндукції E<sub>a</sub> індуктивності L в момент зачинення транзистора може досягти великих значень (за рахунок чого і досягається висока ефективність пристрою, тому що масляна плівка на електродах пробивається цією напругою), через це параметри котушки індуктивності L повинні задовольняти обмеженням, що витікають із вимог техніки безпеки. Для визначення цих обмежень знайдемо найбільшу можливу величину діючого струму I<sub>d</sub> через людину, що торкається електродів Щ1, Щ2 запропонованого пристрою. Величину I<sub>d</sub> визначим за час Т з моменту появи імпульсу ерс самоіндукції на котушці L до моменту появи наступного імпульсу, що (при стандартній частоті 50Гц) складає Т = 0,01сек. В силу однаковості таких імпульсів

знайдене значення  $I_d$  і буде тим струмом, під вплив якого наражається людина (впливом ИН на людину знехтуємо, бо цей вплив безпечний в силу визначення ИН).

Тепер із умови:

$$I_d < I_b, \quad (7)$$

де  $I_b$  - безпечний струм згідно вимог техніки безпеки, отримаємо допустимі параметри котушки індуктивності.

Для визначення форми діючого струму  $I_d$  розглянемо схему, в якій індуктивність  $L$  з опором котушки  $R_L$  і усталеним струмом  $I_0$  миттєво відключена від джерела і підключена до опору  $R_n$  (опір людини). Миттєве значення струму  $i$  в такому колі описується наступним виразом [3]:

$$i = I_0 \cdot \exp(-t/\tau), \quad (8)$$

де

$$\tau = L / (R_L + R_n). \quad (9)$$

Відмітимо, що потужність, яка виділяється на опорі  $R_n$ , буде максимальна, якщо опір навантаження однаковий з опором джерела, тобто найбільш небезпечний випадок, коли:

$$R_n = R_L. \quad (10)$$

Діюче значення струму  $I_d$  за час  $T$  визначається виразом:

$$I_d = (1/T) \sqrt{\int_0^T i^2 dt} \quad (11)$$

Підставляючи в (11) значення  $i$  відповідно (8), одержимо:

$$I_d = (1/T) \sqrt{\int_0^T I_0^2 \exp(-2t/\tau) dt} \quad (12)$$

Проінтегрувавши вираз під радикалом, одержимо:

$$I_d = \sqrt{(I_0^2 \tau / 2T) (1 - \exp(-2T/\tau))} \quad (13)$$

Якщо  $\tau > T$ , то індуктивність в схемі буде недовикористана, бо значна частина накопиченої в цій індуктивності енергії не встигне розсіятись до наступного відчинення транзистора, а тому можливо прийняти наступне обмеження:

$$\tau < T/2. \quad (14)$$

Але в цьому разі  $\exp(-2T/\tau) \ll 1$  і цим додатком в (13) можна знехтувати. Звідки (13) отримає вигляд:

$$I_d = \sqrt{(I_0^2 \tau) / 2T} = I_0 \sqrt{(\tau / 2T)}. \quad (15)$$

Підставляючи в (15) значення  $\tau$  згідно (9) з урахуванням (10) і враховуючи, що  $T = 0,01$  сек, одержимо:

$$I_d = I_0 \sqrt{L / 0,04 R_L} = 5 I_0 \sqrt{L / R_L} \quad (16)$$

Згідно [5] постійний струм до 0,005 А для людини безпечний, але, враховуючи вплив ИН, приймемо в виразі (7) значення  $I_b = 0,002$  А, а значення  $I_d$  - згідно (16). Тоді (7) отримає вигляд:

$$5 I_0 \sqrt{L / R_L} < 0,002 \quad (17)$$

Розв'язавши (7) відносно  $I_0$ , отримаємо друге обмеження:

$$I_0 < 0,002 / 5 \sqrt{L / R_L} = 4 \cdot 10^{-4} \sqrt{R_L / L}. \quad (18)$$

Крім того, обмеження (14) з урахуванням (10) прийме вигляд:

$$L / 2 R_L < T/2. \quad (19)$$

Але  $T = 0,01$  сек згідно визначення, звідки:

$$(L / R_L) < 0,01. \quad (20)$$

Таким чином, схема безпечна, якщо вона задовольняє наступним обмеженням:

$$I_0 < 4 \cdot 10^{-4} \sqrt{R_L / L}, \text{ А}$$

$$(L / R_L) < 0,001 \text{ сек}$$

Специфікація елементів схеми, по якій випробовувався запропонований пристрій, представлена в таблиці

Таблиця

Специфікація елементів схеми на фіг.

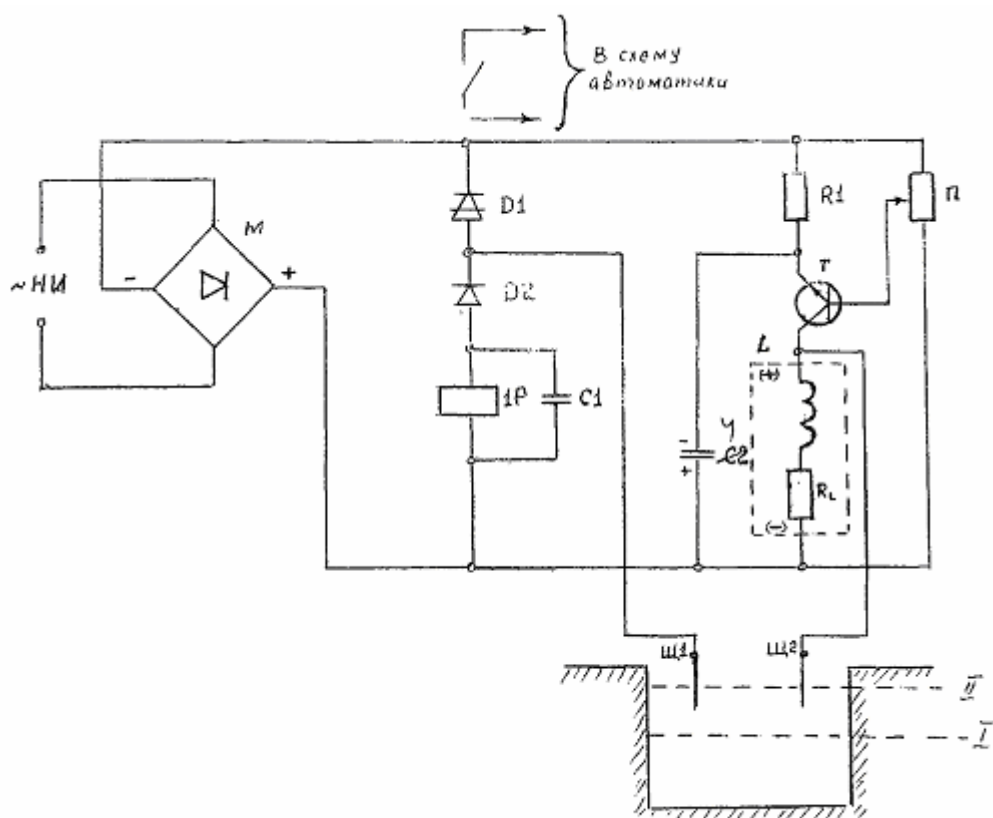
Умовне позначення	Параметри
М	Випрямний міст КЦ 402 Ж
1Р	Реле типу РПГ-10
С1, С2	Конденсатори 100 мкФ, 160В типу К50-35
Д1	Діністор КН102Ж
Д2	Діод типу Д226

T	Транзистор КТ809А
L, R <sub>L</sub>	Реле типу РПГ-3 (24В, R = 1,8кОм, L = 0,6Гн)
R1	Опір МЛТ2 - 0,22кОм
НИ	Трансформатор 220/24

Пристрій встановлено на початку лютого 1997 р для контролю рівня води в зумпфі під гідроциклоном стану 550 Дніпропетровського металургійного заводу ім. Петровського. Відхилень в роботі пристрою до теперішнього часу не виявлено.

Література

1. Авторське свідоцтво СРСР № 580455, кл. G01F23/24, 1976 р.
2. Авторське свідоцтво СРСР № 1080027А, кл. G01F23/24, прототип.



Фіг.