



УКРАЇНА

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВО(19) UA (11) 26813 (13) C1  
(51) G 01 R 19/10ОПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 94085723

(22) 06.11.92

(24) 12.11.99

(31) 839,789

(32) 21.02.92

(33) US

(86) PCT /US92/09563 (06.11.92)

(46) 12.11.99. Бюл. № 7

(72) Мурман Майкл К. (US)

(73) ЕЙ БІ БІ ПАУЕ ТІ ЕНД ДІ КОМПАНІ  
ІНК. (US)

(57) 1. Способ измерения напряжения  $V_{IN}$ , отличающийся тем, что неизвестное напряжение делят на, по меньшей мере, три частичных напряжения с помощью делителя напряжения, состоящего из первого, второго и третьего резисторных средств, и определяют частичные напряжения путем измерения первого напряжения  $V_{01}$  на втором резисторном средстве, измерения второго напряжения  $V_{02}$  на третьем резисторном средстве и измерения третьего напряжения  $V_{03}$  на параллельной комбинации указанных второго и третьего резисторных средств, и затем вычисляют неизвестное напряжение на основе указанных частичных напряжений.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что неизвестное напряжение вычисляют с помощью уравнения:

$$V_{IN} = V_{01} \times V_{02} \times V_{03} / ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})).$$

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что неизвестное напряжение вычисляют с помощью, по меньшей мере, одного из следующих уравнений:

$$V_{IN} = V_{01} / K1,$$

$$V_{IN} = V_{02} / K2,$$

$$V_{IN} = V_{03} / K3,$$

$$V_{IN} = V_{01} \times V_{02} \times V_{03} / ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})).$$

где каждая из величин K1, K2 и K3 является функцией  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что величины K1, K2 и K3 вычисляют с помощью следующих уравнений:

$$K1 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) -$$

$$- (V_{01} \times V_{02})) / (V_{02} \times V_{03}),$$

$$K2 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) -$$

$$- (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{03}),$$

$$K3 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) -$$

$$- (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{02}).$$

5. Способ по п. 3, отличающийся тем, что величины K1, K2 и K3 вычисляются с помощью следующих уравнений:

$$K1 = R_2 / (R_1 + R_2),$$

$$K2 = R_3 / (R_1 + R_3),$$

$$K3 = R_2 \times R_3 / (R_1 \times R_2 + R_1 \times R_3 + R_2 \times R_3),$$

где  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  — приближительные величины сопротивлений указанных первого, второго и третьего резисторных средств.

6. Способ по п. 3, отличающийся тем, что в течение множества циклов измерения неизвестного напряжения измеряют множество выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что изменяют порядок в последовательности измерения выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

8. Способ по п. 6, отличающийся тем, что включает в себя этап вычисления средних значений величин K1, K2 и K3.

9. Способ по п. 6, отличающийся тем, что выборки  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  делают при частоте приблизительно 2,4 кГц.

10. Способ по п. 6, отличающийся тем, что включает в себя этап чередования выборок.

(19) UA (11) 26813 (13) C1

11. Способ по п. 6, отличающийся тем, что включает в себя этап низкочастотной фильтрации величин K1, K2 и K3.

12. Способ по п. 3, отличающийся тем, что измерение множества выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  в течение множества циклов указанного неизвестного напряжения и вычисление K1, K2 и K3 выполняются с помощью следующих уравнений:

$$K1 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{02} \times V_{03}),$$

$$K2 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{03}),$$

$$K3 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{02}),$$

а также осуществляют низкочастотную фильтрацию величин K1, K2 и K3.

13. Устройство для измерения напряжения, отличающееся тем, что оно содержит средство деления напряжения для деления указанного неизвестного напряжения на, по меньшей мере, три частичных напряжения, включающее в себя первое, второе и третье резисторные средства, измерительное средство для измерения указанных частичных напряжений, которое содержит средство для измерения первого напряжения  $V_{01}$  на указанном втором резисторном средстве, средство измерения второго напряжения  $V_{02}$  на указанном третьем резисторном средстве и средство измерения третьего напряжения  $V_{03}$  на параллельной комбинации указанных второго и третьего резисторных средств, и вычислительное средство для вычисления указанного неизвестного напряжения на основе указанных частичных напряжений.

14. Устройство по п. 13, отличающееся тем, что указанное вычислительное средство снабжено средством для вычисления указанного неизвестного напряжения с помощью следующего уравнения:

$$V_N = V_{01} \times V_{02} \times V_{03} / ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})).$$

15. Устройство по п. 13, отличающееся тем, что указанное вычислительное средство снабжено средством для вычисления указанного неизвестного напряжения с помощью, по меньшей мере, одного из следующих уравнений:

$$V_N = V_{01} / K1,$$

$$V_N = V_{02} / K2,$$

$$V_N = V_{03} / K3,$$

$$V_N = V_{01} \times V_{02} \times V_{03} / ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})),$$

где каждая из величин K1, K2 и K3 является функцией  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

16. Устройство по п. 15, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено средством для вычисления K1, K2 и K3 с помощью следующих уравнений:

$$K1 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{02} \times V_{03}),$$

$$K2 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{03}),$$

$$K3 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{02}).$$

17. Устройство по п. 15, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено средством для вычисления K1, K2 и K3 с помощью следующих уравнений:

$$K1 = R_2 / (R_1 + R_2),$$

$$K2 = R_3 / (R_1 + R_3),$$

$$K3 = R_2 \times R_3 / (R_1 \times R_2 + R_1 \times R_3 + R_2 \times R_3),$$

где  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  — приблизительные величины сопротивлений указанных первого, второго и третьего резисторных средств.

18. Устройство по п. 15, отличающееся тем, что оно снабжено средством для измерения множества выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  в течение множества циклов измерения неизвестного напряжения.

19. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что снабжено средством для изменения порядка в последовательности измерения выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

20. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что оно снабжено средством для вычисления средних значений величин K1, K2 и K3.

21. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что оно снабжено средством для получения выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  при частоте приблизительно 2,4 кГц.

22. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что оно снабжено средством для чередования выборок.

23. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что оно снабжено средством для низкочастотной фильтрации величин K1, K2 и K3.

24. Устройство по п. 15, отличающееся тем, что оно снабжено средством для измерения множества выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  в течение множества циклов указанного неизвестного напряжения, и средством для вычисления K1, K2 и K3 с помощью следующих уравнений:

$$K1 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{02} \times V_{03}),$$

$$K2 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{03}),$$

$$K3 = ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{02}),$$

а также средством для низкочастотной фильтрации величин K1, K2 и K3.

25. Электронное устройство для измерения напряжения, отличающееся тем, что оно содержит средство деления напряжения для деления неизвестного напряжения на, по меньшей мере, три частичных напряжения —  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ , измерительное средство, включающее в себя аналого-цифровой преобразователь, для измерения и оцифровывания указанных частичных напряжений, и вычислительное средство для вычисления неизвестного напряжения с помощью, по меньшей мере, одного из следующих уравнений:

$$\begin{aligned} V_{ин} &= V_{01}/K1, \\ V_{ин} &= V_{02}/K2, \\ V_{ин} &= V_{03}/K3, \\ V_{ин} &= V_{01} \times V_{02} \times V_{03} / ((V_{01} \times V_{03}) + \\ &+ (V_{02} \times V_{03}) - (V_{01} \times V_{02})), \end{aligned}$$

где каждая из величин K1, K2 и K3 является функцией  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

26. Электронное устройство по п. 25, отличающееся тем, что оно содержит средство для вычисления K1, K2 и K3 с помощью следующих уравнений:

$$\begin{aligned} K1 &= ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - \\ &- (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{02}), \\ K2 &= ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - \\ &- (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{02}), \\ K3 &= ((V_{01} \times V_{03}) + (V_{02} \times V_{03}) - \\ &- (V_{01} \times V_{02})) / (V_{01} \times V_{02}). \end{aligned}$$

27. Электронное устройство по п. 25, отличающееся тем, что указанное средство деления напряжения включает в себя первое, второе и третье резисторные средства, а также средство

для вычисления K1, K2 и K3 с помощью следующих уравнений:

$$\begin{aligned} K1 &= R_2 / (R_1 + R_2), \\ K2 &= R_3 / (R_1 + R_3), \\ K3 &= R_2 \times R_3 / (R_1 \times R_2 + \\ &+ R_1 \times R_3 + R_2 \times R_3), \end{aligned}$$

где  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  — приблизительные величины сопротивлений указанных первого, второго и третьего резисторных средств.

28. Электронное устройство по п. 26, отличающееся тем, что оно снабжено средством для измерения множества выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  в течение множества циклов измерения неизвестного напряжения.

29. Электронное устройство по п. 28, отличающееся тем, что оно снабжено средством для изменения порядка в последовательности измерения выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

30. Электронное устройство по п. 29, отличающееся тем, что оно снабжено средством для вычисления средних значений величин K1, K2 и K3.

31. Электронное устройство по п. 30, отличающееся тем, что оно снабжено средством для получения выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  при частоте приблизительно 2,4 кГц.

32. Электронное устройство по п. 30, отличающееся тем, что оно снабжено средством для чередования указанных выборок.

33. Электронное устройство по п. 32, отличающееся тем, что указанное средство для вычисления среднего значения величин K1, K2 и K3 снабжено средством для низкочастотной фильтрации K1, K2 и K3.

Изобретение относится к области электронной техники, в частности, к способам и устройствам измерения напряжения.

В электронной технике часто возникает проблема высоких амплитудных значений напряжения. С этой целью разработано множество электрических схем, а также разнообразные делители напряже-

ний. Известен тип делителей напряжений, которые называются делителями с постоянным импедансом источника. Такие делители вырабатывают линейно изменяющееся выходное напряжение в соответствии с необходимым коэффициентом деления напряжения (патент США № 3443215). Делители такого типа обладают также постоянным импедансом источни-

ка, т.е. сопротивление на входе делителя остается неизменным во всем диапазоне коэффициентов деления напряжения.

Для электронных вольтметров часто бывает необходимо иметь возможность точного измерения напряжения, имеющего большую амплитуду или, по меньшей мере, большое среднее или среднеквадратичное значение. Одним из способов измерения является деление напряжения с помощью резистивного делителя напряжения до таких величин, которые можно измерить обычным измеряющим напряжением устройством, таким как аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Наиболее близким, по своей технической сути, к заявляемому изобретению является патент США № 3519931.

Между тем, точность измерения, полученного с помощью такого способа, ограничивается неточностью величин сопротивлений делителя напряжения. Точность величин сопротивления снижается рядом причин, включающим в себя как температурные эффекты, так и влияние перенапряжений. Более того, исходная точность величин сопротивлений может быть меньше необходимой.

Для электронных вольтметров существует необходимость точного измерения неизвестного напряжения с помощью цепочки делителя, величины компонентов которого не известны с большой точностью.

В основу изобретения поставлена задача создания способа для измерения напряжений, при котором проведение измерений и вычисление неизвестного напряжения проводятся, исключая величины сопротивлений, которые входят в состав цепи делителя напряжений и за счет этого неточность величин сопротивления (например, вызванная колебаниями температуры) не влияет на измерения и, следовательно, повышается точность измеряемого напряжения.

Поставленная задача решается тем, что в способе для измерения напряжений, включающем в себя измерение с помощью схемы масштабирования резистивного делителя напряжения. Согласно изобретению способ включает в себя этапы деления неизвестного напряжения на, по меньшей мере, три частичных напряжения, измерения частичных напряжений и вычисления неизвестного напряжения на основе частичных напряжений.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения первый этап включает в себя этап деления неизвестного напряжения с помощью де-

лителя напряжения, состоящего из первого, второго и третьего резисторных средств, а этап измерения частичных напряжений включает в себя этапы измерения первого напряжения ( $V_{01}$ ) на втором резисторном средстве, измерение второго напряжения ( $V_{02}$ ) на третьем резисторном средстве и измерение третьего напряжения ( $V_{03}$ ) на параллельной комбинации указанных второго и третьего резисторных средств.

Этап вычисления неизвестного напряжения может состоять из вычисления  $V_{IN}$  с помощью следующего уравнения:

$$V_{IN} = V_{01} \cdot V_{02} \cdot V_{03} / \{(V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})\}.$$

С другой стороны,  $V_{IN}$  можно вычислить с помощью, по меньшей мере, одного из следующих уравнений:

$$V_{IN} = V_{01} / K1; \quad V_{IN} = V_{02} / K2; \\ V_{IN} = V_{03} / K3,$$

где каждая из величин K1, K2 и K3 является функцией переменных  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

В другом варианте осуществления настоящего изобретения K1, K2 и K3 вычисляются с помощью следующих уравнений:

$$K1 = \{(V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})\} / (V_{02} \cdot V_{03}); \\ K2 = \{(V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})\} / (V_{01} \cdot V_{03}); \\ K3 = \{(V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})\} / (V_{01} \cdot V_{02}).$$

С другой стороны, K1, K2 и K3 можно вычислить с помощью следующих уравнений:

$$K1 = R_2 / (R_1 + R_2); \\ K2 = R_3 / (R_1 + R_3); \\ K3 = R_2 \cdot R_3 / (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3),$$

где  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  — приблизительные величины сопротивлений первого, второго и третьего резисторных средств.

Другой вариант осуществления изобретения включает в себя еще этап измерения множества выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  в течение множества циклов неизвестного напряжения. Следующий вариант осуществления изобретения включает в себя еще этап измерения порядка в последовательности измерения выборок  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ . Следующий вариант осуществления изобретения включает в себя еще этап вычисления средних значений величин K1, K2 и K3. В предпочтительном варианте осуществления изобретения выборки  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  делаются при частоте порядка 2,4 кГц. Следующий вариант осуществления изобретения включает в себя еще этап чередования выборок. Еще один ва-

риант осуществления настоящего изобретения включает в себя еще этап низкочастотной фильтрации величин K1, K2 и K3.

Изобретение включает в себя также устройство для осуществления способа измерения напряжения. Наиболее близким по своей технической сути к заявленному устройству является делитель напряжения, описанный в вышеуказанном патенте США № 3519931. Точность измерения, полученная с помощью такого делителя, ограничивается точностью величин сопротивлений.

В основу изобретения поставлена задача создания устройства с целью осуществления способа для измерения напряжений, в котором измерения проводятся, исключая величины сопротивлений, входящих в цепь делителя напряжения, и за счет этого неточность величины сопротивления не влияет на измерения. Следовательно, повышается точность измерения устройством величины напряжения.

Поставленная задача решается тем, что устройство для осуществления способа для измерения напряжений согласно изобретению включает в себя средство деления напряжения для деления неизвестного напряжения на, по меньшей мере, три частичных напряжения, включающее в себя первое, второе и третье резисторные средства; измерительное средство для измерения указанных частичных напряжений, которое содержит средство для измерения первого напряжения ( $V_{01}$ ) на указанном втором резисторном средстве, средство измерения второго напряжения ( $V_{02}$ ) на указанном третьем резисторном средстве и средство измерения третьего напряжения ( $V_{03}$ ) на параллельной комбинации указанного второго и третьего резисторных средств; вычислительное средство для вычисления указанного неизвестного напряжения на основе указанных частичных напряжений.

Соответствующее настоящему изобретению устройство содержит средство деления напряжения для деления неизвестного напряжения на, по меньшей мере, три частичных напряжения ( $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ ), измерительное средство, включающее в себя аналого-цифровой преобразователь, для измерения в цифровом виде частичных напряжений и вычислительное средство для вычисления неизвестного напряжения с помощью, по меньшей мере, одного из следующих уравнений:

$$V_{IN} = V_{01}/K1V_{IN} = V_{02}/K2V_{IN} = V_{03}/K3;$$

$$V_{IN} = V_{01} \cdot V_{02} \cdot V_{03} / ((V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})),$$

где каждая из величин K1, K2 и K3 является функцией переменных  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

Остальные отличительные признаки настоящего изобретения приведены ниже по ходу подробного описания предпочтительных вариантов осуществления.

Фиг. 1 представляет собой принципиальную схему делителя напряжения.

Фиг. 2 представляет собой блок-схему соответствующего настоящему изобретению ваттметра.

Как хорошо известно, систему из N совместных уравнений с N неизвестными можно решить для каждого из N неизвестных. Настоящее изобретение использует это для измерения напряжения на делителе напряжения.

На фиг. 1 показана цепь резистивного делителя напряжения 10, содержащая переключатели  $S_1$ ,  $S_2$  и резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ . Переключатели  $S_1$ ,  $S_2$  в целях дальнейшего рассуждения можно считать идеальными. Выходное напряжение  $V_{01}$  может быть вычислено с помощью следующих трех уравнений, которые соответствуют трем состояниям делителя напряжения (как будет объяснено ниже, условие одновременного размыкания переключателей  $S_1$  и  $S_2$  не рассматривается):

условие 1:  $S_1$  замкнут

$$V_{01} = V_{IN} \cdot R_2 / (R_1 + R_2), \quad (1)$$

условие 2:  $S_2$  замкнут

$$V_{02} = V_{IN} \cdot R_3 / (R_1 + R_3), \quad (2)$$

условие 3:  $S_1$  замкнут и  $S_2$  замкнут

$$V_{03} = V_{IN} \cdot R_2 \cdot R_3 / (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3). \quad (3)$$

Обычный способ измерения неизвестного напряжения на делителе напряжения использует условие 1. Выходное напряжение  $V_{01}$  измеряется в величинах резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , считающихся известными константами. Неизвестное напряжение  $V_{IN}$  в этом случае вычисляется с помощью уравнения (1). Этот способ особенно хорош тогда, когда неизвестное напряжение ожидается очень большим. Соотношение  $V_{IN}$  с измеренным напряжением  $V_{01}$  удовлетворительно только в том случае, если величины  $R_1$  и  $R_2$  известны с необходимой точностью.

Изобретение исключает необходимость точно знать величины сопротивлений. В соответствии с изобретением, с помощью измерения выходного напряжения  $V_{01}$  для каждого из трех перечисленных выше условий можно получить систему из трех совместных уравнений. Это возможно, ес-

ли сначала, замкнув переключатель  $S_1$ , измерить выходное напряжение  $V_{01}$ , затем, разомкнув переключатель  $S_1$  и замкнув переключатель  $S_2$ , измерить  $V_{02}$  и, наконец, замкнув оба переключателя  $S_1$  и  $S_2$ , измерить  $V_{03}$ . Заметьте, что для получения системы и в самом деле совместных уравнений необходимо, чтобы неизвестные  $V_{IN}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  в течение измерений трех выходных напряжений были постоянны. Для резисторов предположение вполне допустимо, поскольку постоянная времени измерения величины сопротивления достаточно велика по сравнению со временем измерения. Если напряжение  $V_{IN}$  представляет собой сигнал переменного тока и, поэтому, его мгновенное значение не постоянно, тем не менее в течение времени, необходимого для измерения трех выходных напряжений, можно считать постоянным его среднеквадратичное или среднее значения. Рассмотрим справедливость данного предположения.

Поскольку поставленной задачей является определение величины  $V_{IN}$  независимо от величин трех резисторов, то системе уравнений нужно решить таким образом, чтобы найти три коэффициента, описывающие связи между входным напряжением  $V_{IN}$  и тремя выходными напряжениями  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ .

Во-первых, уравнения (1) и (2) можно преобразовать и выразить  $R_2$  и  $R_3$  в виде функций  $R_1$ ,  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ :

$$R_2 = R_1 \cdot V_{01} / (V_{IN} - V_{01}) \quad (4)$$

$$R_3 = R_1 \cdot V_{02} / (V_{IN} - V_{02}) \quad (5)$$

Во-вторых, уравнение (3) можно преобразовать, чтобы выразить  $V_{IN}$  в виде функции  $V_{03}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ :

$$V_{IN} = V_{03} \cdot (R_1/R_3 + R_1/R_2 + 1) \quad (6)$$

Затем, уравнения (4) и (5) можно подставить в уравнение (6), чтобы выразить  $V_{IN}$  в виде функции  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ :

$$V_{IN} = V_{01} \cdot V_{02} \cdot V_{03} / ((V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})) \quad (7)$$

Поставленная задача в некоторой степени решена, поскольку получено соотношение для  $V_{IN}$ , которое как не зависит от величин сопротивлений, так и является функцией напряжений, которые можно точно измерить. Однако интересно знать соотношение между входным напряжением и каждым из соответствующих выходных напряжений для применения электронного ваттметра там, где необходимо постоянно знать уровень входного напряжения. При таком определении эти соотношения для  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$  называются, соответственно  $K1$ ,  $K2$  и  $K3$ .

$K1$ ,  $K2$  и  $K3$  определяются следующими уравнениями:

$$V_{IN} = K1 \cdot V_{01} \quad V_{IN} = K2 \cdot V_{02} \quad V_{IN} = K3 \cdot V_{03}$$

Из уравнения (1) следует, что  $K1$  является функцией  $R_1$  и  $R_2$ .

$$K1 = R_2 / (R_1 + R_2) \quad (8)$$

С помощью подстановки уравнений (4) и (7) в уравнение (8)  $K1$  можно преобразовать в функцию  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ :

$$K1 = ((V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})) / (V_{02} \cdot V_{03}) \quad (9)$$

Аналогично,  $K2$  и  $K3$  тоже можно выразить в виде функций  $V_{01}$ ,  $V_{02}$  и  $V_{03}$ :

$$K2 = ((V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})) / (V_{01} \cdot V_{03}) \quad (10)$$

$$K3 = ((V_{01} \cdot V_{03}) + (V_{02} \cdot V_{03}) - (V_{01} \cdot V_{02})) / (V_{01} \cdot V_{02}) \quad (11)$$

Поскольку ожидается, что величины

$R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  изменяются медленно, то следует ожидать, что величины  $K1$ ,  $K2$  и  $K3$  также будут изменяться медленно. Настоящее изобретение использует это, чтобы сводить к минимуму любые проблемы, связанные с изменением среднеквадратичного или среднего напряжения. В соответствии с настоящим изобретением среднеквадратичное или среднее выходное напряжение измеряется в течение одного периода линейного напряжения для каждого условия, то есть для решения одной системы уравнений потребуется три периода линейного напряжения.  $K1$ ,  $K2$  и  $K3$  вычисляются постоянно в каждый третий период линейного напряжения. Кроме того,  $K1$ ,  $K2$  и  $K3$  усредняются за множество периодов, чтобы свести к минимуму эффект случайных вариаций входного напряжения  $V_{IN}$ . Более того, последовательность, в которой используются три указанных условия, изменяется, чтобы свести к минимуму влияние систематических изменений входного напряжения.

На фиг. 2 показана блок-схема устройства, использующая изложенные выше идеи настоящего изобретения. Этот ваттметр, кратко описанный ниже, представляет собой предпочтительную сферу применения настоящего изобретения. Дальнейшие сведения об этом ваттметре можно найти в патентной заявке США (№ дела АВВ-008).

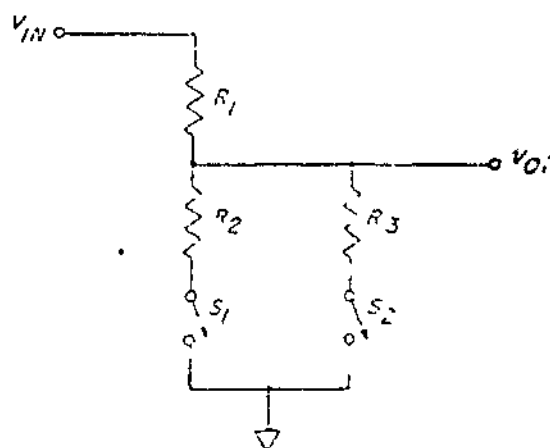
Представленный на фиг. 2 ваттметр включает в себя три цепи резистивных делителей напряжения 10A, 10B и 10C типа, описанного выше со ссылками на фиг. 1; интегральную микросхему 12 аналого-цифрового преобразователя и процессора цифрового сигнала АЦП и ЦП; микроконтроллер 14 (например, модель

50428 фирмы Мицубиси); три сенсора тока 16А, 16В и 16С, переключаемый источник питания 18 на 12 В, способный принимать входные напряжения от 96 до 528 В; линейный источник питания 20 на 5 В; энергонезависимый источник питания 22, который переключается на батарею 24, если не работает источник питания 20 (это особенно полезно для ваттметра, отслеживающего реальное время суток); эталон 26 прецизионного напряжения 2,5 В; жидкокристаллический индикатор 28; генератор с частотой 32,768 кГц (который может использоваться для счета времени при исчезновении питания или отказе линии 120 Гц микроконтроллера 14); генератор 32 с частотой 6,2208 МГц, обеспечивающий тактовые сигналы для аналого-цифровых преобразователей микросхемы 12 (не показаны), сигнал которого делится на 1,5 для получения тактового сигнала 4,1472 МГц для микроконтроллера 14; электрически стираемое программируемое ПЗУ 34 на 2 килобайта, способное хранить данные идентификации типа ваттметра, которые могут загружаться блоком 12; линию последовательной связи 35; разъем 36 для подключения дополнительных устройств; и порт оптической связи 38, который может использоваться для считывания показаний ваттметра.

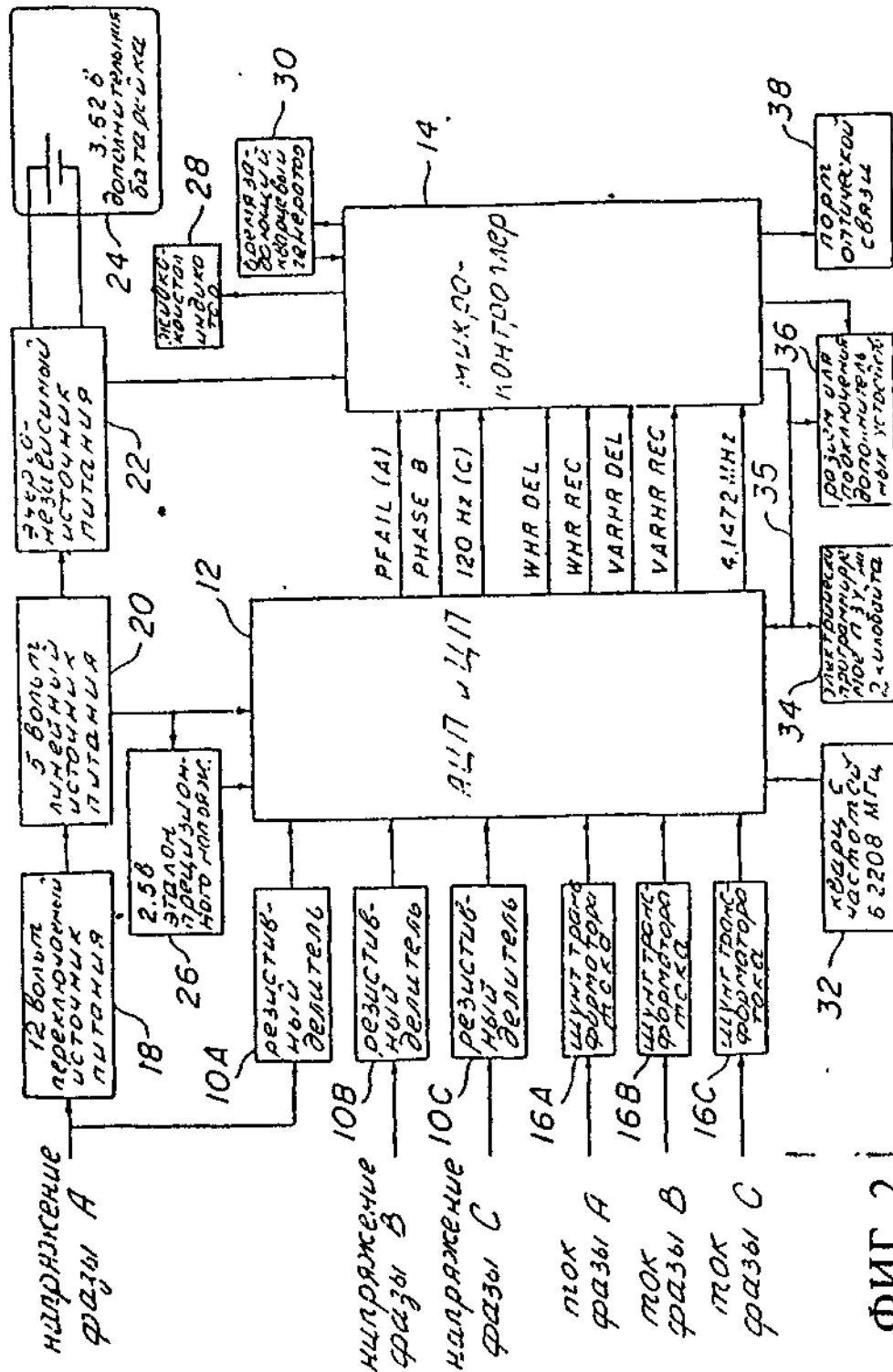
Линия с маркировкой "PFail (A)" используется для подачи сигналов на микроконтроллер 14, означающих отказ питания и наличие или отсутствие напряжения фазы А. Линия "Phase B" используется для подачи сигналов, означающих наличие напряжения фазы В. Линия "120HZ (C)" используется для подачи сигналов, означающих наличие напряжения фазы С,

и сигнала с частотой 120 Гц (двукратной линейной частотой 60 Гц), используемой микроконтроллером 14 для хронометрирования (Фаза А, фаза В и фаза С представляют собой три напряжения, вырабатываемые в трехфазной системе питания). Линии "Whr Del" и "Whr Rec" подают сигналы, означающие, соответственно, вырабатываемые и потребляемые ватт-часы, а линии "Varhr Del" и "Varhr Rec", соответственно, вырабатываемую и потребляемую мощность. Линия "4 1472 МГц" подают на микроконтроллер тактовый сигнал.

Объем настоящего изобретения, определяемый прилагаемой формулой изобретения, не ограничивается конкретными описанными выше вариантами осуществления. Например, цепи делителей напряжения 10А, 10В и 10С могут находиться в блоке АЦП и ЦП 12. Это должно уменьшить количество деталей, но потребовать, чтобы ток делителя протекал через микросхему, что может оказаться нежелательным. Делители показаны вне блока 12, что требует двух внешних линий возбуждения на фазу (по одной на каждый из переключателей  $S_1$  и  $S_2$ ) и шести дополнительных выводов блока 12. Кроме того, следует заметить, что, если делители напряжения 10А, 10В и 10С находятся внутри блока 12, а оба переключателя одновременно разомкнуты, то выходное напряжение  $V_{01}$  ( $V_{0N}$ ) может оказаться достаточно большим, чтобы повредить микросхему. И, наконец, настоящее изобретение не ограничено использованием резистивного делителя напряжения. Таким образом можно использовать другие типы делителей напряжения и даже делители тока.



ФИГ. 1



ФИГ. 2

Упорядник

Техред М. Келемеш

Коректор М.Куль

Замовлення 531

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101