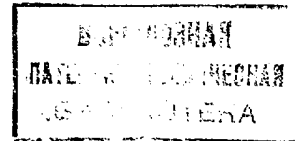




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4627591/21

(22) 27.12.88

(46) 30.06.91. Бюл. № 24

(71) Всесоюзный научно-исследовательский институт нефтепромышленной геофизики

(72) Л.Е. Виноградов, З.Г. Каганов и Е.А. Ястребов

(53) 681.327.6(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 1190279, кл. G 01 R 21/06, 1984.

Бессонов Л.А., Теоретические основы электротехники, М.: Высшая школа, 1978, с. 84-85, рис. 3.24.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХПОЛЮСНИКА

(57) Изобретение относится к электроизмерительной технике и может быть использо-

2

вано для измерения комплексных параметров двухполюсника: входного сопротивления и потребляемой мощности в цепях переменного тока в широком частотном диапазоне. Целью изобретения является повышение точности измерения в расширенном диапазоне частот. Устройство для измерения комплексных параметров двухполюсника содержит источник переменного тока, измеритель тока и напряжения и две клеммы для подключения двухполюсника. Введение в устройство калиброванного четырехполюсника, трех ключей, двух коммутаторов и вычислительного блока позволило исключить из устройства ваттметра или другого фазоизмерительного прибора и повысить точность измерения с одновременным расширением частотного диапазона. 1 ил.

Изобретение относится к электроизмерительной технике и предназначено для измерения комплексных параметров двухполюсников, а именно входного сопротивления и потребляемой мощности в цепях переменного тока в широком частотном диапазоне.

Целью изобретения является повышение точности измерения в расширенном диапазоне частоты.

На чертеже представлена блок-схема устройства.

Устройство содержит источник 1 переменного тока, первый, второй и третий ключи 2, 3, 4, калиброванный четырехполюсник 5, первый и второй коммутаторы 6 и 7, измеритель 8 тока и напряжения, выходные

клеммы 9 и 10, вычислительный блок 11, исследуемый двухполюсник 12.

Устройство работает следующим образом.

После включения устройства на пульте управления (отдельно не показано) вычислительного блока 11 набирается код, соответствующий выбираемой частоте переменного тока. По шине управления от вычислительного блока 11 на управляющий вход источника 1 переменного тока подается сигнал, по которому последний вырабатывает переменный ток требуемой частоты. Калиброванный четырехполюсник 5 представляет из себя статическое устройство, например Т-образный четырехполюсник, все элементы и связи которого известны и измерены с высокой точностью образцово-

ми приборами. Поэтому одновременно в вычислительном блоке 11 происходит вычисление величин: $T = \text{mod}(\text{th}\Gamma)$, $\Theta = \text{arg}(\text{tg}\Gamma)$, $Z_c = \text{mod}Z_c$ и $\varphi_c = \text{arg}Z_c$, где Γ – коэффициент распространения; φ_c – аргумент характеристического сопротивления; Z_c – характеристическое сопротивление калиброванного четырехполюсника 5, соответствующих выбранной частоте, которые также вычисляются с высокой точностью. Далее следует пять тактов измерений необходимых величин, которые формируются вычислительным блоком 11 и который управляет работой ключей 2–4, коммутаторов 6 и 7, измерителя 8 тока и напряжения и источника 1 переменного тока в следующей последовательности.

1-й такт: первый ключ 2 разомкнут, второй ключ 3 разомкнут, третий ключ 4 замкнут, у коммутаторов 6 и 7 подключены первые входы, происходит измерение входного тока I_1 калиброванного четырехполюсника 5, нагруженного на исследуемый двухполюсник 12. Код, соответствующий измеренной величине, с измерителя 8 тока и напряжения поступает в вычислительный блок 11, где запоминается.

2-й такт: первый ключ 2 замкнут, второй ключ 3 разомкнут, третий ключ 4 замкнут, у первого коммутатора 6 подключен первый вход, у второго коммутатора 7 – второй. Происходит измерение входного напряжения U_1 калиброванного четырехполюсника 5.

3-й такт: первый ключ 2 замкнут, второй ключ 3 разомкнут, третий ключ 4 разомкнут, у первого коммутатора 6 подключен второй вход, у второго коммутатора 7 – третий. Происходит измерение выходного тока I_2 калиброванного четырехполюсника 5, нагруженного на исследуемый двухполюсник 12.

4-й такт: первый ключ 2 замкнут, второй ключ 3 разомкнут, третий ключ 4 замкнут, у первого коммутатора 6 подключен второй вход, у второго коммутатора 7 – четвертый. Происходит измерение выходного напряжения U_2 .

5-й такт: измерение может быть двух типов, в зависимости от того, при каком определенном значении напряжения или тока необходимо узнать потребляемую двухполюсником мощность.

Если необходимо измерить мощность при определенном значении напряжения U_3 , набираемом на пульте вычислительного блока 11, то последний формирует сигнал, при котором в источнике 1 устанавливается требуемое напряжение, первый ключ 2 разомкнут, второй ключ 3 разомкнут, третий

ключ 4 разомкнут, у первого коммутатора 6 подключен первый вход, у второго коммутатора 7 – третий. В результате к источнику 1 переменного тока происходит подключение исследуемого двухполюсника 12 через измеритель 8, и измеряется потребляемый ток I_3 .

Если необходимо измерить мощность при определенном значении тока I_3 , набираемом на пульте вычислительного блока 11, то последний формирует сигнал, который устанавливает требуемый ток I_3 в источнике 1 переменного тока, первый ключ 2 разомкнут, второй ключ 3 замкнут, третий ключ 4 разомкнут, у первого коммутатора 6 подключен первый вход, у второго коммутатора 7 – второй. Происходит измерение напряжения U_3 на исследуемом двухполюснике 12.

Следует еще раз особо подчеркнуть, что измеряются только действующие (или амплитудные) значения токов и напряжений и отсутствует измерение непосредственно мощности или фазовых углов между ними, однако и по измеренным данным в вычислительном блоке 11 происходит вычисление комплексных параметров двухполюсника по следующему алгоритму:

входное сопротивление: Z

$$Z = \text{mod}Z = U_2/I_2;$$

$$\alpha = \text{arg}Z = \arcsin N/\sqrt{1+M^2} + \text{arctg} M,$$

где α – модуль комплексного сопротивления;

Z – аргумент комплексного сопротивления;

Z – входное сопротивление.

$$M = \frac{Z_c^2 \cos(\theta - \varphi_c) - Z_c^2 \cos(\theta + \varphi_c)}{Z_c^2 \sin(\theta - \varphi_c) + Z_c^2 \sin(\theta + \varphi_c)},$$

$$N = \frac{Z_c^2 (Z_c^2 + Z^2 T^2) - Z_c^2 (Z^2 + Z_c^2 T^2)}{2Z_c Z T [Z_c^2 \sin(\theta - \varphi_c) + Z_c^2 \sin(\theta + \varphi_c)]},$$

$$Z_1 = U_1/I_1,$$

где U_1 – входное напряжение калиброванного четырехполюсника; I_1 – входной ток калиброванного четырехполюсника.

Также вычисляются активная P и реактивная Q потребляемые мощности, соответствующие выбранным значениям тока I_3 или напряжения U_3 :

$$P = U_3 I_3 \cos \alpha,$$

$$Q = U_3 I_3 \sin \alpha.$$

По этим значениям легко находится полная мощность S :

$$S = P + jQ = S \cdot e^{j\delta},$$

где:

$$\text{или } S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \delta = \text{arctg} Q/P.$$

S – модуль полной мощности;

δ – аргумент полной мощности.

Эти формулы получаются из следующих соображений. Для четырехполюсника можно написать уравнения в гиперболической форме

$$\dot{U}_1 = \operatorname{ch} \Gamma \cdot \dot{U}_2 + Z_c \operatorname{sh} \Gamma \cdot \dot{I}_2$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\operatorname{sh} \Gamma}{Z_c} \cdot \dot{U}_2 + \operatorname{ch} \Gamma \cdot \dot{I}_2,$$

где \dot{I}_2 — выходной ток калиброванного четырехполюсника.

Входное сопротивление четырехполюсника, нагруженного на двухполюсник Z (объект измерения 12), с учетом, что $\dot{U}_2 = \dot{I}_2 \cdot Z$:

$$Z_1 = Z_c \frac{Z + Z_c \operatorname{th} \Gamma}{Z \cdot \operatorname{th} \Gamma + Z_c}$$

Т.к.

$$Z_1 = Z_1 \cdot e^{j\varphi_1}, Z = Z e^{j\alpha} \text{ и } \operatorname{th} \Gamma = T \cdot e^{j\theta}$$

запишем

$$\frac{Z_1}{Z_c} = \frac{Z e^{j\alpha} + Z_c T \cdot e^{j(\varphi_c + \theta)}}{Z \cdot T \cdot e^{j(\alpha + \theta)} + Z_c e^{j\varphi_c}}$$

Преобразуем это выражение: найдем сначала вещественную и мнимую составляющие этого комплексного выражения, а затем его модуль

$$\frac{Z_1}{Z_c} = \sqrt{\frac{Z^2 + Z_c^2 T^2 + 2Z_c Z T \cos(\theta + \varphi_c - \alpha)}{Z_c^2 + Z^2 T^2 + 2Z_c Z T \cos(\theta - \varphi_c + \alpha)}}.$$

Разрешив выражение относительно неизвестного аргумента α , получим: $\sin \alpha - M \times \cos \alpha = N$.

т.к. $a \sin A + b \cos A = r \sin(A+B)$,

где

$$r = \sqrt{a^2 + b^2}, \operatorname{tg} B = b/a, \text{ то}$$

$$\sqrt{1 + M^2} \sin(\alpha - \operatorname{arctg} M) = N,$$

$$\text{или } \sin(\alpha - \operatorname{arctg} M) = \frac{N}{\sqrt{1 + M^2}}$$

Окончательное выражение

$$\alpha = \operatorname{arg} Z = \arcsin \frac{N}{\sqrt{1 + M^2}} + \operatorname{arctg} M.$$

Из выражения видно, что автоматически определяется знак аргумента α .

Таким образом, измеряя только действующие (или амплитудные) значения токов и напряжений на входе и выходе калиброванного четырехполюсника 5, нагруженного на исследуемый двухполюсник, и не проводя никаких фазовых измерений, получают в результате вычислений по предложенному алгоритму значения комплексных параметров двухполюсника с очень высокой точностью, в расширенном диапазоне частот. Т.к. современные измерители тока и напряжения измеряют токи и напряжения с высокой точностью в широком частотном диапазоне, это позволило создать высокочастотное устройство с простой измерительной частью, а основная функциональная тяжесть легла на програм-

мную часть вычислительного блока, что на современном этапе развития вычислительной техники является не только оправданным, но и необходимым.

В данном устройстве используются стандартные элементы: ключи, коммутаторы, управляемый источник переменного тока, в качестве измерителя тока и напряжения можно применить вольтметр универсальный типа В7-34, который имеет плавающую общую точку и все необходимое для работы в вычислительном комплексе. В качестве вычислительного блока можно использовать микроЭВМ "Электроника 100-25".

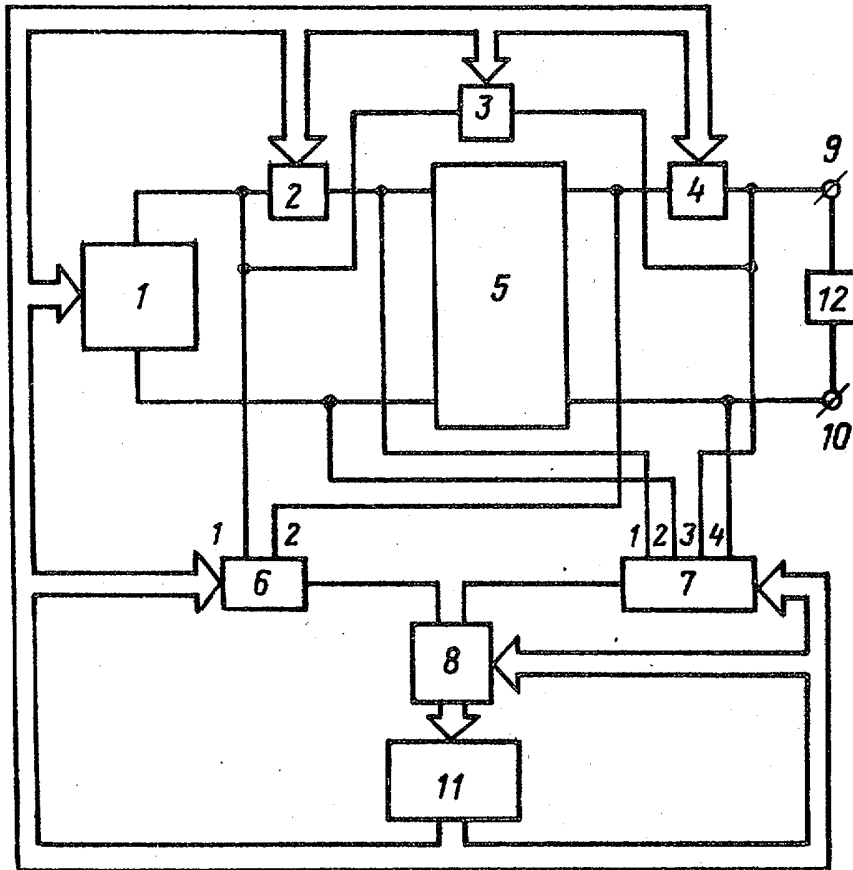
Технико-экономическая эффективность устройства состоит в повышении точности измерения комплексных параметров двухполюсников с одновременным расширением частотного диапазона за счет исключения из устройства ваттметра и каких-либо фазовых измерений, которые являются сложной технической задачей на высоких частотах.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для измерения комплексных параметров двухполюсника, содержащее источник переменного тока, измеритель тока и напряжения, две выходные клеммы для подключения двухполюсника, отличающееся тем, что, с целью повышения точности измерения в расширенном диапазоне частот, в него введены калиброванный четырехполюсник, первый, второй и третий ключи, первый и второй коммутаторы и вычислительный блок, причем первый вывод источника переменного тока соединен с первым входом первого коммутатора, через первый ключ — с первыми входами калиброванного четырехполюсника и второго коммутатора, через второй ключ — с первой выходной клеммой для подключения двухполюсника, третьим входом второго коммутатора и выходом третьего ключа, вход которого соединен с вторым входом первого коммутатора и первым выходом калиброванного четырехполюсника, второй выход которого соединен с второй выходной клеммой для подключения двухполюсника и четвертым входом второго коммутатора, второй вход которого соединен с вторым входом калиброванного четырехполюсника и вторым выводом источника переменного тока, управляющий вход которого соединен с управляющими входами первого, второго, третьего ключей, первого, второго коммутаторов, измерителя тока и

напряжения и выходной шиной вычислительного блока, входная шина которого соединена с выходом измерителя тока и

напряжения, первый и второй входы которого соединены соответственно с выходами первого и второго коммутаторов.



Редактор Е.Зубиентова

Составитель В.Чеботова
Техред М.Моргентал

Корректор С.Черни

Заказ 1841

Тираж 424

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101