

УДК 621.38

КВАЗИУРАВНОВЕШИВАЕМЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЕМКОСТИ И ПРОВОДИМОСТИ ОБЪЕКТОВ В АНАЛОГОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Проф. *Дедегкаев А.Г.*, асп. *Хасцаев М.Д.*

Кафедра промышленной электроники.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Рассматривается возможность улучшения свойств четырехплечей мостовой измерительной цепи в режиме квазиравновесия путем питания ветви сравнения эталонным напряжением и падением напряжения на одном из плеч ветви сравнения. Приводится вариант построения преобразователя на основе такой измерительной цепи.

Квазиуравновешиваемые ИЦ обеспечивают большую точность преобразования, чем неуравновешиваемые, и в то же время не требуют регулировки двумя параметрами. В этих ИЦ регулировкой лишь одного параметра устанавливается определенная взаимосвязь между активными величинами на различных участках ИЦ (эти величины входят в реализуемую ИЦ функцию \dot{W}_i) и в этот момент (в состоянии квазиравновесия) с элементов ИЦ могут быть сняты скалярные величины, пропорциональные параметрам импеданса. Это важное свойство квазиуравновешиваемых ИЦ позволяет строить на их основе перспективные преобразователи параметров импеданса в унифицированные активные скалярные величины переменного или постоянного тока.

Возможность определения параметров объектов исследования в квазиуравновешиваемых ИЦ не только по пассивной величине, но и по активной, позволяет использовать неточные, нестабильные регулируемые элементы. Это возможно, поскольку отсчет преобразуемого параметра можно производить не по пассивной, а по активной величине.

Перечисленные достоинства квазиуравновешенных ИЦ обеспечивают им обширную область применения и заслуженно

привлекают внимание многих разработчиков преобразователей параметров импеданса (ПИ).

Важно здесь отметить, что при переходе от уравниваемой ИЦ к квазиуравниваемой происходит некоторая потеря точности. Однако для подавляющего большинства известных применений преобразователей, допускающих преобразование с погрешностью (0,5 – 1,5)%, такая потеря точности не является критичной.

Итак, для решения широкого класса задач, требующих преобразования одного и более параметров объекта исследования, на основе квазиуравниваемых ИЦ можно строить сравнительно простые, достаточно точные и быстродействующие ПИ. Ранее других ИЦ в режиме квазиравновесия была применена четырехплечая измерительная ИЦ. Однако функциональные возможности этих ИЦ в этом режиме сильно ограничены. Известные примеры ПИ показывают, что четырехплечие МЦ обеспечивают преобразование только одного параметра импеданса, отсчет которого производится по пассивной (регулируемой) величине.

В связи с этим, задачей работы является построение ПИ на основе МЦ с улучшенными возможностями, т.е. со свойствами приближенными к свойствам ИЦ, работающих в режиме полуравновесия и позволяющую получить активную величину постоянного тока, пропорциональную преобразуемому параметру.

Функцию преобразования обычной четырехплечей МЦ можно представить в виде:

$$A_b = \frac{aB_{x,y} - b}{(1 + aB_{x,y})(1 + b)} A_a, \quad (1)$$

где $B_{x,y} = x + jy$ – измеряемая комплексная величина, составляющие которой x и y ;

a – иммитанс плеча, смежного с плечом, содержащим объект;

b – произведение иммитансов ветви сравнения.

Приведенное выражение (1) показывает невозможность установления квазиравновесия и определения величин параметров импеданса.

Для решения поставленной задачи в МЦ обеспечим линеаризацию выходной характеристики относительно иммитанса

ветви сравнения, т.е. относительно параметра регулируемого органа МЦ (как показано на рисунке). Тогда выражение для выходной величины ИЦ в общем виде можно представить:

$$A_b = \frac{aB_{x,y} - b}{(1 + aB_{x,y})(1 + b)} A_{\text{э}}, \quad (2)$$

Полученное выражение (2) показывает линейную зависимость выходной величины МЦ от иммитансов ветви сравнения, а значит возможность установления квазиравновесия и определения величин параметров импеданса.

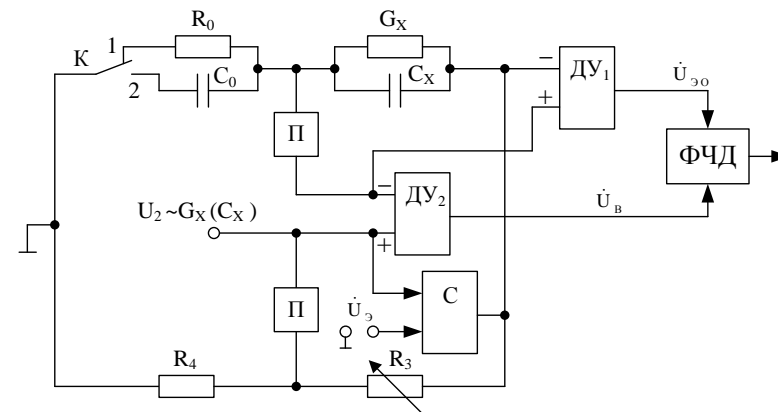
Ограничимся рассмотрением квазиуравновешиваемых МЦ, в которых на фазочувствительные детекторы (ФЧД) квазиравновесия подаются какие-либо два из напряжений: напряжение генератора, напряжение разбаланса, падение напряжения на одном из плеч МЦ. На основе таких МЦ легко строятся удобные в эксплуатации простые ПИ.

Наибольшими функциональными возможностями обладают МЦ в фазовых режимах квазиравновесия – $\arg W_i = 0, \pm 90^\circ$. Исследования выделенного подкласса МЦ показал, что МЦ с линейными функциями преобразования относительно иммитансов ветви сравнения при использовании в качестве опорного напряжения падения напряжения на одном из плеч ветви с объектом и подаче на вход ФЧД напряжения разбаланса при регулируемой величине b обеспечивают измерение составляющей импеданса по пассивной величине. При регулируемой величине – составляющая a , ИЦ обеспечивают определение по пассивной величине составляющей $B_{x,y}$ и по активной выходной величине – приближенно отношения составляющих (при $u \ll c_x$ или наоборот).

С учетом отмеченного и был построен рассматриваемый ПИ, т.е. на основе линейризованной четырехплечей мостовой ИЦ в фазовом режиме квазиравновесия. Авторами доказано, что важным свойством данных МЦ является возможность получения активной величины пропорциональной измеряемой составляющей $B_{x,y}$ при нахождении регулируемого элемента в ветви сравнения.

Хотя МЦ с комплексным характером отношения плеч ветвей сравнения обладают более широкими функциональными возможностями, но реализация их сложнее из-за необходимости обеспечения условий устойчивости. Поэтому важным

достоинством ПИ, построенных на основе таких МЦ, является простота технической реализации по сравнению с другими ПИ, построенными на основе других видов линейризованных МЦ. При использовании активной величины постоянного тока $A_{\text{э}}$ и при регулируемой величине Reb наряду с пассивной величиной и активной величиной переменного тока $A_{g\sim}$, пропорциональных измеряемой составляющей, МЦ обеспечивает получение активной величины постоянного тока $A_{g\sim}$, также пропорциональной измеряемой величине (ветви сравнения должны содержать активные сопротивления).



Структурная схема преобразователя емкости и проводимости

На основе МЦ с функцией преобразования, линейризованной относительно регулируемых параметров путем воздействия на напряжение диагонали питания, можно строить ПИ с аналоговыми выходными унифицированными сигналами. При активных сопротивлениях ветви сравнения выходной сигнал может быть получен и на постоянном токе (совместно с выходным сигналом на переменном токе). Такие ПИ характеризуются простой реализацией.

На рисунке показан вариант ПИ, преобразующего емкость C_x и проводимость G_x объекта исследования. Как уже отмечено, схема построена на основе МЦ, ветвь с регулируемым элементом которой охвачена положительной ОС. Опорным напряжением является

падение напряжения на объекте. При измерении емкости ключ K находится в положении – 2, а при измерении проводимости – в положении – 1. Регулируется сопротивление – R_3 . На выходе нижнего повторителя $П$ напряжение U_2 пропорционально измеряемой составляющей импеданса. При подаче на вход сумматора (С) напряжения постоянного тока на выходе повторителя появится сигнал постоянного тока, также пропорциональный измеряемой составляющей. На выходе дифференциального усилителя (ДУ), обозначенного $ДУ_1$, формируется опорное напряжение $U_{ЭО}$, а на выходе $ДУ_2$ – напряжение разбаланса U_B . Выходным сигналом ФЧД МЦ приводится в состояние квазиравновесия. Возможность получения выходного сигнала, пропорционального преобразуемой составляющей импеданса (регулируемой величиной является активное сопротивление) в аналоговой форме, как на постоянном, так и на переменном токе, при минимальных аппаратных затратах является важным достоинством данного ПИ. Таким образом, преобразователь обеспечивает получение как пассивной, так и активной величин (переменного и постоянного тока), пропорциональных или составляющей импеданса, или отношения составляющих и т.д.