

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ИНТЕГРАТОРА КОМПЕНСАЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ С АСТАТИЧЕСКИМ УРАВНОВЕШИВАНИЕМ

Д. А. Литвинов

*Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Наряду со статическими компенсационными измерителями ортогональных составляющих (КИОС) [1, 2] для измерения параметров вектора переменного напряжения, а также комплексных сопротивлений используются астатические КИОС [3]. Функциональная схема КИОС с астатическим уравниванием изображена на рис. 1.

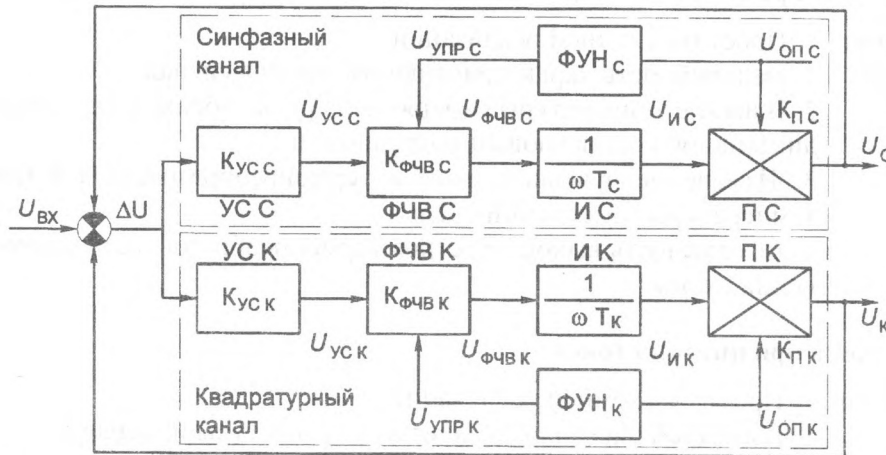


Рис. 1. Функциональная схема КИОС с астатическим уравниванием: УС – усилитель, ФЧВ – фазочувствительный выпрямитель, И – интегратор, П – преобразователь постоянного напряжения в переменное, ФУН – формирователь управляющего напряжения.



Рис. 2. Векторная диаграмма

Особенностью КИОС с астатическим уравниванием является наличие интегратора. Ранее в качестве интегрирующего элемента использовались асинхронные двигатели, а для преобразования угла поворота в напряжение контактные потенциометры. С развитием электронной техники для компенсации входного сигнала стали применяться бесконтактные преобразователи постоянного напряжения в переменное, что позволило использовать в качестве интегратора интегрирующий усилитель. Погрешности, вносимые таким интегратором, в основном, определяются его напряжением смещения. В данной статье при-

водятся результаты исследования влияния постоянной времени интеграторов на погрешности КИОС с астатическим уравниванием, обусловленные напряжением смещения интеграторов. Влияние оценивалось по фазовому сдвигу, нелинейным искажениям и смещению нуля в синфазном и квадратурном каналах.

Проведенные исследования показали, что напряжения смещения $U_{СММС}$ и $U_{СММК}$ интеграторов и недостаточная фильтрация приводят к образованию ряда дополнительных сигналов в синфазном и квадратурном каналах (см. рис. 2). Покажем их влияние на работу КИОС.

Напряжение смещения интеграторов приводит к образованию сигналов основной гармоники ($U_{ССМИС}$ и $U_{КСМИК}$) на выходах измерительных каналов.

$$U_{ССМИС} = \frac{U_{СМИС}}{K_{УСС} \cdot K_{ФЧВ0С}} \cdot K_{ПС} \cdot U_{ОПС} \cdot \sin \omega t,$$

$$U_{КСМИК} = \frac{U_{СМИК}}{K_{УСК} \cdot K_{ФЧВ0К}} \cdot K_{ПК} \cdot U_{ОПК} \cdot \cos \omega t,$$

где $U_{ССМИС}$, $U_{КСМИК}$ – напряжение смещения интеграторов синфазного и квадратурного каналов; $K_{УСС}$, $K_{УСК}$ – коэффициенты усиления усилителей; $K_{ФЧВ0С}$ и $K_{ФЧВ0К} = 2/\pi$ – коэффициенты преобразования амплитуды входного сигнала ФЧВ в постоянное напряжение; $U_{ОПС}$ и $U_{ОПК}$ – опорные сигналы; $K_{ПС}$ и $K_{ПК}$ – коэффициент преобразования постоянного напряжения в переменное.

Полученные сигналы приводят к образованию смещения в соответствующих каналах измерения. Для обеспечения необходимых величин смещения от $U_{ССМИС}$ и $U_{КСМИК}$ необходимые коэффициенты усиления каналов измерения рассчитываются по формулам:

$$K_{УСС\text{НЕОБХ}} = \frac{U_{СМИС}}{\delta_{КЛ} \cdot m \cdot U_{СП}} \cdot \frac{K_{ПС}}{K_{ФЧВ0С}}, \quad K_{УСК\text{НЕОБХ}} = \frac{U_{СМИК}}{\delta_{КЛ} \cdot m \cdot U_{КП}} \cdot \frac{K_{ПК}}{K_{ФЧВ0К}},$$

где $\delta_{КЛ}$ – класс точности прибора; m – коэффициент, определяющий какая часть от общей погрешности отводится на данную ($m=0.01 \dots 0.1$); $U_{СП}$ и $U_{КП}$ – пределы измерения каналов регулирования.

Фазочувствительное выпрямление сигнала, компенсирующего смещение интегратора, приводит к образованию ряда гармонических составляющих:

$$U_{ФЧВ} = \frac{2 \cdot U_{УС}}{\pi} - \frac{4 \cdot U_{УС}}{\pi} \left[\frac{\cos 2\omega t}{3} + \frac{\cos 4\omega t}{15} + \dots \right].$$

Наибольшие искажения в измерения будет вносить вторая гармоника. В результате на выходе синфазного канала образуется напряжение:

$$U_{С2} = -U_{СМИС} \frac{K_{ФЧВ2С}}{K_{ФЧВ0С}} \cdot \frac{1}{\omega_2 T_C} \cdot \frac{1}{2} [\cos \omega t + \cos 3\omega t] = -U_{С1СМИС} + U_{С3СМИС},$$

где $K_{ФЧВ2С} = 4/3\pi$ – коэффициент передачи ФЧВ С по второй гармонике; ω_2 – угловая частота 2-ой гармоники; T_C – постоянная времени интегратора синфазного канала; $U_{С1СМИС}$, $U_{С3СМИС}$ – сигналы первой и третьей гармоник, обусловленные некачественной фильтрацией.

Напряжение на выходе квадратурного канала, обусловленное второй гармоникой,

$$U_{К2} = -U_{СМИК} \frac{K_{ФЧВ2К}}{K_{ФЧВ0К}} \cdot \frac{1}{\omega_2 T_K} \cdot \frac{1}{2} [\sin \omega t + \sin 3\omega t] = -U_{К1СМИК} - U_{К3СМИК},$$

где $K_{ФЧВ2К} = 4/3\pi$ – коэффициент передачи ФЧВ К по второй гармонике; T_K – постоянная времени интегратора синфазного канала; $U_{К1СМИК}$, $U_{К3СМИК}$ – сигналы первой и третьей гармоник, обусловленные некачественной фильтрацией.

Сигналы $U_{C1СМИС}$ и $U_{K1СМИК}$ являются квадратурными по отношению к сигналам регулирования U_C и U_K , соответственно. Их присутствие приводит к фазовому сдвигу выходного напряжения каналов регулирования, что эквивалентно формированию выходных сигналов преобразователей постоянного напряжения в переменное с фазовой ошибкой относительно $U_{опс}$ и $U_{опк}$. Постоянные времени интеграторов в зависимости от величин допустимых фазовых искажений ($\delta_{доп}$) определяются по формулам:

$$T_{\delta C} = \frac{U_{СМИС}}{U_C} \cdot \frac{1}{6\omega\delta_{допс}}, \quad T_{\delta K} = \frac{U_{СМИК}}{U_K} \cdot \frac{1}{6\omega\delta_{допк}}.$$

Третьи гармоники $U_{C3СМИС}$ и $U_{K3СМИК}$ вносят нелинейные искажения в выходные сигналы каналов регулирования. В зависимости от величины допустимых нелинейных искажений ($\gamma_{доп}$) постоянные времени интеграторов можно определить из выражений:

$$T_{\gamma \dot{e}} = \frac{U_{\dot{e} \dot{a} \dot{a} \dot{e}}}{U_{\dot{e}}} \cdot \frac{1}{6\omega\gamma_{\dot{e} \dot{e} \dot{e} \dot{e}}}, \quad T_{\gamma K} = \frac{U_{СМИК}}{U_K} \cdot \frac{1}{6\omega\gamma_{допк}}.$$

Поскольку напряжения $U_{C1СМИС}$, $U_{C3СМИС}$ находятся в квадратуре с синфазным сигналом, а $U_{K1СМИК}$, $U_{K3СМИК}$ – с квадратурным, они будут измерены квадратурным и синфазным каналами, соответственно, что приведет к смещению нуля в этих каналах. Суммарное смещение нуля в каналах будет складываться из напряжений, обусловленных некачественной фильтрацией, и напряжения смещения интеграторов, приведенных к выходу. Постоянные времени интеграторов, необходимые для обеспечения допустимого смещения нуля, обусловленного некачественной фильтрацией, можно определить по формулам:

$$T_{\mu C} = \frac{U_{СМИС}}{U_C} \cdot \frac{1}{6\omega\mu_{СМК доп}}, \quad T_{\mu K} = \frac{U_{СМИК}}{U_K} \cdot \frac{1}{6\omega\mu_{СМС доп}}.$$

Полученные выражения позволяют определить постоянные времени интеграторов в зависимости от требуемого фазового сдвига, нелинейных искажений и смещения нуля в синфазном и квадратурном каналах.

Литература

1. Абаринов Е. Г., Мелик-Шахназарова И. А. Погрешности преобразования прямоугольно-координатных автокомпенсаторов со статическим уравниванием // Приборы и системы управления. – 1978. – №1.
2. Кнеллер В. Ю., Боровских Л. П. Определение параметров многоэлементных двухполосников. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Алиев Т.М., Мелик-Шахназаров А.М., Шайн И.Л. Автоматические компенсационные устройства переменного тока. – Баку, «Айзернешр», 1965. – 360 с.

РАСЧЕТ НОРМИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ РАЗДЕЛЕНИЕМ

Е. Г. Абаринов, С. А. Дубровский

Гомельский государственный технический университет

им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Нормирующие устройства переменного тока с гальваническим разделением предназначены для масштабного преобразования напряжения и тока в счетчиках электрической энергии, в преобразователях переменного напряжения, тока, электрической мощности в нормированный сигнал постоянного тока, применяемых в энергетике, до уровня,