

УДК 621.314.718

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОТОКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

И.М.СТОЛЯРОВ, А.П.ЕМЕЛЬЯНОВ

Для формирования переходных режимов асинхронного двигателя необходимо измерить потокоцепление статора или воздушного зазора. Наиболее надежным датчиком потокоцепления является измерительная катушка, расположенная в воздушном зазоре или пазах статора. Недостатком такого датчика является то, что для получения сигнала, пропорционального измеряемому потокоцеплению, необходимо проинтегрировать э.д.с. измерительной катушки.

В процессе интегрирования на выходе интегратора накапливается (интегрируется) э.д.с., вызывающая дрейф нуля. Дрейф нуля определяется результатом действия вторичных труднопредсказуемых факторов, в частности, таких, как термоэлектрический. Для стабилизации работы интегратора необходимо компенсировать э.д.с., вызывающую дрейф. Для формирования сигнала компенсации дрейфа нуля выделяют в выходном сигнале интегратора составляющую, обуславливавшую этот дрейф.

Для такого анализа выходного сигнала интегратора следует воспользоваться априорной информацией. Выходной сигнал можно представить как

$$F(t) = f'(t) + \varepsilon(t),$$

где $f'(t)$ - полезный сигнал; $\varepsilon(t)$ - сигнал, обусловленный дрейфом нуля.

Известно, что полезный сигнал представляет собой периодическую функцию. Если интегрировать сигнал $F(t)$ на интервале, равном целому числу периодов интегрируемой функции, то

$$\int_0^{nT} F(t) dt = \int_0^{nT} \varepsilon(t) dt = F_0,$$

где T - период интегрируемой функции; n - целое число; F_0 - сигнал, обусловленный дрейфом нуля интегратора. Таким образом, если выходной сигнал интегратора проинтегрировать на интервале $(0; nT)$, то получим

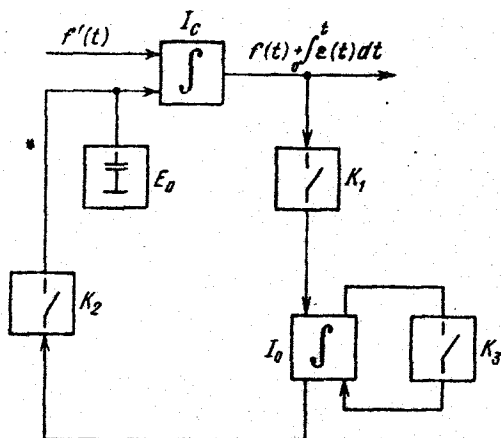


Рис.1. Структурная схема интегратора

Устройство для измерения потокоцепления работает следующим образом. Измерительной катушкой формируется сигнал, пропорциональный производной от потокоцепления, $e = -d\Psi/dt$. Этот сигнал подается на вход интегратора I_c и на выходе его образуется сигнал, пропорциональный измеряемому потокоцеплению. На сигнал накладывается

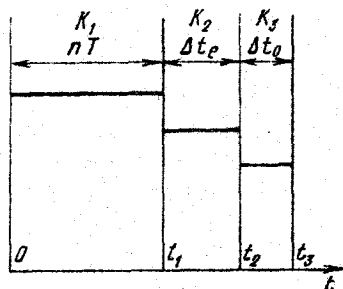


Рис.2. Временная диаграмма работы ключей

интегрируемый дрейф нуля интегратора. Величина дрейфа периодически вычисляется интегратором I_0 , который подключается к выходу интегратора на задаваемом интервале $(0; nT)$ с помощью коммутирующего ключа K_1 . Интегратор I_0 всегда начинает работать при нулевых начальных условиях, которые обеспечиваются предварительным замыканием коммутирующего ключа K_3 . После формирования сигнала, пропорционального дрейфу, ключ K_1 размыкается и замыкается ключ K_2 , подключая выход интегратора I_0 к входу I_c и к блоку запоминания э.д.с. Затем ключ K_2 размыкается и замыкается ключ K_3 , устанавливая нулевые начальные условия интегратора I_0 . Временная диаграмма, иллюстрирующая работу ключей, приведена на рис.2. Цепь вычисления э.д.с. дрейфа нуля $K_1-I_0-K_2-K_3$ работает периодически, и значение э.д.с. дрейфа периодически корректируется в устройстве запоминания э.д.с.

В итоге на вход интегратора, кроме полезного сигнала, дополнительно подается постоянно действующий сигнал, компенсирующий э.д.с., вызывающую дрейф. Сигнал компенсации дрейфа постоянно корректируется, в то время как цепь вычисления компенсации работает дискретно. Можно выделить следующие

оценку э.д.с., вызывающей дрейф нуля^х. Сигнал F_0 позволяет сформировать э.д.с., компенсирующую дрейф нуля интегратора.

Изложенные соображения дали возможность предложить структурную схему интегратора со стабильным нулем (рис.1). Интегратор сигнала I_c охвачен контуром формирования компенсирующей э.д.с., который состоит из коммутирующих ключей K_1, K_2, K_3 интегратора дрейфа I_0 и блока запоминания э.д.с. E_0 .

^х А.с. 813341 (СССР). Устройство для измерения магнитного потока / И.М.Столяров, В.В.Рудаков, Т.О.Россо, Б.и., 1981, № 10.

характерные интервалы работы этой цепи: 1) вычисление дрейфа; 2) запоминание (коррекция) э.д.с. дрейфа; 3) установка нулевых начальных условий интегратора. Продолжительность первого интервала $(0; nT)$; второго - определяется постоянной времени блока (цепи) запоминания э.д.с. Δt_e ; третьего - временем разряда емкости интегратора $I_0 - \Delta t_0$.

Рассмотрим основные соотношения для цепи компенсации. Для интервала времени, равного вычислению дрейфа, можно считать, что дрейф нуля вызван сигналом $u_\Delta = \text{const}$, тогда на выходе интегратора I_c формируется сигнал

$$u_c = \alpha_1 \int_0^t (u_\Delta + f'(t)) dt = \alpha_1 (u_\Delta t + f(t)),$$

где α_1 - коэффициент интегратора I_c .

На выходе интегратора I_0 формируется сигнал

$$u_{c0} = \alpha_2 \int_0^{\frac{2\pi n}{\omega}} u_c dt = \alpha_1 \alpha_2 \left(2 u_\Delta \left(\frac{\pi n}{\omega} \right)^2 + \int_0^{\frac{2\pi n}{\omega}} f(t) dt \right),$$

где α_2 - коэффициент интегратора I_0 ; ω - частота исследуемого сигнала; n - целое число, задается устройством управления ключами.

Так как $f(t)$ - периодическая функция, то для момента времени $t = 2\pi n / \omega$ можем записать

$$u_{c0} = 2 \alpha_1 \alpha_2 \left(\frac{\pi n}{\omega} \right)^2.$$

Из этого соотношения следует, что для точной компенсации дрейфа должно соблюдаться условие

$$2 \alpha_1 \alpha_2 \left(\frac{\pi n}{\omega} \right)^2 = 1.$$

Это условие позволяет выбрать α_2 .

Очевидно, что для стабильной работы следует наложить условие $(n/\omega)^2 = \text{const}$, т.е. задавать не число периодов интегрирования, а постоянный, с точностью до δ , интервал интегрирования, на котором уложить целое число периодов сигнала. Если $u_\Delta = 0$, соответственно, $u_{c0} = 0$, то блок запоминания э.д.с. выдает сигнал, точно компенсирующий э.д.с. дрейфа.

Величина э.д.с., вызывающая дрейф интегратора, носит довольно стабильный характер и поэтому контур, формирующий компенсирующую э.д.с., может включаться периодически на время T_k , после чего следует пауза T_Π .

Дрейф нуля может определяться и при отсутствии полезного сигнала, запоминаться в блоке запоминания э.д.с. При отсутствии полезного сигнала э.д.с. дрейфа определяется интегрированием выходного сигнала интегратора I_c при задании фиксированного интервала интегрирования $(0; \Delta t)$. Из условия $\alpha_1 \alpha_2 \int_0^{\Delta t} u_\Delta dt = u_\Delta$ следует, что $\alpha_1 \alpha_2 (\Delta t)^2 = 2$. Этот сигнал запоминается в блоке запоминания э.д.с. Наиболее общим алгоритмом работы интегратора со стабильным нулем является „предсказание - коррекция“.

В режиме предсказания производится предварительное измерение дрейфа до появления полезного сигнала. Затем система работает в режиме коррекции,

которая функционирует постоянно либо периодически на интервалах времени продолжительностью T_k , выбранных специальным образом. Следует отметить, что интегратор сохраняет свою работоспособность и при отсутствии блока запоминания э.д.с.^x.

Измерение потокосцепления с помощью системы измерительная катушка - интегратор дает информацию как о потокосцеплении по соответствующей оси, так и о его производной. Поэтому такая система позволяет получить информацию об амплитуде Ψ_{sm} , об ориентации вектора потокосцепления в пространстве:

$$\cos \alpha_\Psi = \frac{\Psi_\alpha}{\Psi_m}; \quad \sin \alpha_\Psi = \frac{\Psi_\beta}{\Psi_m},$$

где Ψ_α , Ψ_β - потокосцепления, измеренные по осям α и β машины;

$$\Psi_m = (\Psi_\alpha^2 + \Psi_\beta^2)^{\frac{1}{2}},$$

а также о мгновенном значении частоты вращения вектора потокосцепления

$$\omega_\Psi = \frac{1}{\Psi_m^2} (\Psi_\beta' \Psi_\alpha - \Psi_\alpha' \Psi_\beta).$$

Применение интегратора со стабильным нулем позволяет выявить гармонический состав кривой потокосцепления.

Испытания лабораторного образца интегратора полностью подтвердили справедливость изложенных принципов построения интегратора со стабильным нулем.

^x В.В.Рудаков, И.М.Столяров. Специальные электрические машины. Л., изд. ЛПИ, 1981.