

С.А. МАНУКЯН, Ар.А. ГАМБАРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОУПРУГОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ НАТЯЖЕНИЯ

Исследован измеритель натяжения с применением двухкоординатного магнитоупругого силоизмерительного датчика. Составлена схема замещения магнитной цепи двухкоординатного магнитоупругого силоизмерительного датчика. Выведены зависимости между выходными сигналами измерительных обмоток датчика и вертикальной и горизонтальной составляющими вектора натяжения. Доказано отсутствие влияния одной из составляющих вектора натяжения на измерение другой.

Ключевые слова: измеритель натяжения, магнитное сопротивление, магнитоупругий силоизмерительный датчик, схема замещения магнитной цепи.

Измерители натяжения широко используются в производстве различных материалов (металлической, бумажной, пластмассовой, текстильной, резиновой полосы), а также для измерения натяжения тросов и канатов в подъемно-транспортных механизмах, натяжения провода в намоточных станках [1, 2]. Во многих случаях используются моталки 6 для наматывания и разматывания обрабатываемых материалов. При этом изменяется угол охвата α измерительного ролика 5 полосой 5 (рис.1).

В однокоординатных измерителях натяжения используется силоизмерительный датчик, с помощью которого измеряется значение одной (горизонтальной или вертикальной) составляющей вектора натяжения. При обработке материала изменяется угол α , что приводит к большим погрешностям измерения. В двухкоординатных измерителях натяжения (рис.1) используются два силоизмерительных датчика 7 и 8, которые устанавливаются во взаимно перпендикулярных плоскостях. Датчик 7 измеряет горизонтальную составляющую Q_H вектора натяжения Q , а датчик 8 - вертикальную составляющую Q_B . Выходные сигналы U_H , U_B датчиков 7, 8 подаются на счетно-решающее устройство 4, с помощью которого определяются угол охвата α и модуль вектора натяжения:

$$\alpha = \arctg U_B / U_H, \quad (1)$$

$$U_Q = U_B / \sin \alpha, \quad (2)$$

где U_H , U_B , U_Q - выходные сигналы датчиков 7, 8 и измерителя натяжения.

Рассмотренный двухкоординатный измеритель натяжения имеет сложную конструкцию и большие габариты. Это обусловлено применением двух силоизмерительных датчиков и устройства для их установки во взаимно перпендикулярных плоскостях.

С целью упрощения конструкции и уменьшения габаритов разработан двухкоординатный силоизмерительный датчик, обеспечивающий измерение Q_H и Q_B . Магнитоупругий силоизмерительный датчик

Рис. 2

В схеме замещения магнитной цепи двухкоординатного силоизмерительного датчика (рис. 4) введены следующие обозначения: Z_m - магнитные сопротивления сторон рам; Z_{m1} , Z_{m2} , Z_{m3} , Z_{m4} - магнитные сопротивления участков АО, ВО, СО, ДО перемычек рам; F_m - МДС обмоток возбуждения; $\Phi_1 \dots \Phi_4$ - магнитные потоки, протекающие по цепям АОС, АОВ, ВОД, ДОС.

207

широком диапазоне средних индукций остается почти постоянным [3]. Параметры магнитопровода выбираются таким образом, что изменение $\Delta Z / Z$ происходит в линейном участке.

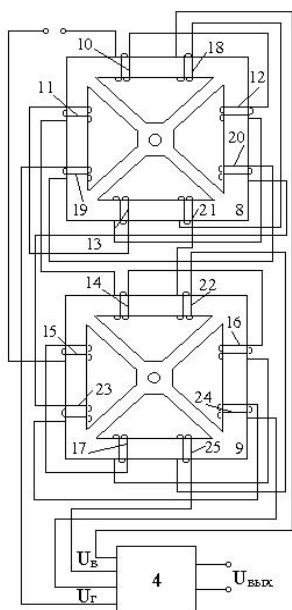


Рис.3

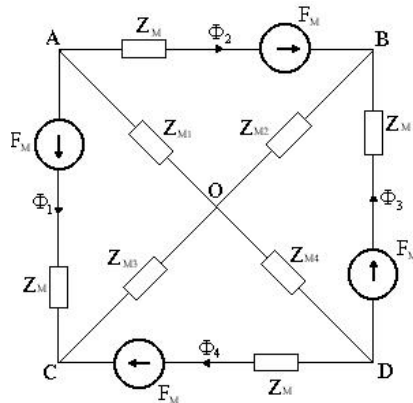


Рис.4

Двухкоординатный силоизмерительный датчик работает следующим образом. При нулевом значении натяжения усилие на измерительный ролик отсутствует (рис.2), и на магнитопровод действует усилие P , обусловленное массами силовопередающего цилиндра и измерительного ролика. Под действием P участок AOB магнитопровода находится в состоянии растяжения, а COD - сжатия.

Магнитные потоки в магнитопроводе определяются в виде

$$\dot{\Phi}_1 = \dot{F}_M / Z_{AOC}, \dot{\Phi}_2 = \dot{F}_M / Z_{AOB}, \dot{\Phi}_3 = \dot{F}_M / Z_{BOD}, \dot{\Phi}_4 = \dot{F}_M / Z_{COD},$$

где $Z_{AOC} = Z_M + Z_{M1} + Z_{M3}$, $Z_{AOB} = Z_M + Z_{M1} + Z_{M2}$, $Z_{BOD} = Z_M + Z_{M2} + Z_{M4}$, $Z_{COD} = Z_M + Z_{M3} + Z_{M4}$.

Выходные напряжения $\dot{U}_Г$ и $\dot{U}_Б$ датчика с учетом двух рам равны

$$\dot{U}_Г = 2j\omega w_2 \left(\frac{\dot{F}_M}{Z_{AOC}} - \frac{\dot{F}_M}{Z_{BOD}} \right) = 2j\omega w_1 w_2 \dot{I}_1 \left(\frac{Z_{BOD} - Z_{AOC}}{Z_{BOD} Z_{AOC}} \right), \quad (3)$$

$$\dot{U}_Б = 2j\omega w_2 \left(\frac{\dot{F}_M}{Z_{AOB}} - \frac{\dot{F}_M}{Z_{COD}} \right) = 2j\omega w_1 w_2 \dot{I}_1 \left(\frac{Z_{COD} - Z_{AOB}}{Z_{COD} Z_{AOB}} \right), \quad (4)$$

где ω - частота питающего напряжения; w_1, w_2 - число витков обмоток возбуждения и измерения; $\dot{I}_1$ - ток обмоток возбуждения.

При $Q=0$ имеем $Z_{AOC}=Z_{BOD}$ и $\dot{U}_\Gamma = 0$. Так как $(Z_{M1}+Z_{M2}) \neq (Z_{M3}+Z_{M4})$, то $\dot{U}_B \neq 0$.

Если натяжение в измеряемой полосе не равно нулю, на измерительный ролик и, следовательно, через силопередающий цилиндр на магнитопровод датчика действуют горизонтальное Q_Γ и вертикальное Q_B усилия, определяемые выражениями $Q_\Gamma=Q\cos\alpha$, $Q_B=Q\sin\alpha$. Под действием усилия $Q_\Gamma+P$ участок AOC сжимается, а BOD растягивается. Магнитные сопротивления Z_{M1}, Z_{M3} уменьшаются, а Z_{M2}, Z_{M4} увеличиваются. Вследствие этого магнитный поток Φ_1 увеличивается, а Φ_3 уменьшается, и на выходе измерительных обмоток $\dot{U}_\Gamma$ изменяется по следующему закону:

$$\dot{U}_\Gamma = 2j\omega w_1 w_2 \dot{I}_1 \left[\frac{Z_{AOC} - \Delta Z - (Z_{BOD} + \Delta Z)}{(Z_{AOC} - \Delta Z_1)(Z_{BOD} + \Delta Z_2)} \right] = jk_\Gamma \dot{I}_1 \Delta Z, \quad (5)$$

где $k_\Gamma = 4\omega w_1 w_2 / Z_{BOD} Z_{AOC}$.

Под действием усилия Q_B участок AOB растягивается, а COD сжимается. Магнитные сопротивления Z_{M1}, Z_{M2} увеличиваются, Z_{M3}, Z_{M4} уменьшаются. В результате Φ_2 уменьшается, а Φ_4 увеличивается, и на выходе измерительных обмоток получают напряжение $\dot{U}_B$, равное

$$\dot{U}_B = 2j\omega w_1 w_2 \dot{I}_1 \frac{Z_{COD} + \Delta Z_1 - (Z_{AOB} - \Delta Z_2)}{(Z_{COD} + \Delta Z_1)(Z_{AOB} - \Delta Z_2)}, \quad (6)$$

где $\Delta Z_1, \Delta Z_2$ - изменения магнитных сопротивлений участков AOB и COD.

После несложных преобразований с учетом того, что $Z_{COD}\Delta Z_1 \approx Z_{AOB}\Delta Z_2$ и $\Delta Z_1\Delta Z_2 \ll Z_{COD}Z_{AOB}$, получаем

$$\dot{U}_B = 2j\omega w_1 w_2 \dot{I}_1 \frac{Z_{COD} - Z_{AOB}}{Z_{AOB}Z_{COD}} + 2j\omega w_1 w_2 \dot{I}_1 \frac{\Delta Z_1 + \Delta Z_2}{Z_{AOB}Z_{COD}} = \dot{U}_{BP} + \dot{U}_{BQ}, \quad (7)$$

где $\dot{U}_{BP} = 2j\omega w_1 w_2 \dot{I}_1 \frac{Z_{COD} - Z_{AOB}}{Z_{AOB}Z_{COD}}$, $\dot{U}_{BQ} = jk_B(\Delta Z_1 + \Delta Z_2)$ - напряжения,

обусловленные усилиями P и Q_B , $k_B = 2\omega w_1 w_2 / Z_{AOB}Z_{COD}$.

В счетно-решающем устройстве величину $\dot{U}_{BP}$ компенсируют, так как она не связана с измеряемым натяжением Q , и при расчете α , Q по выражениям (1) и (2) принимают $\dot{U}_B$ равным $\dot{U}_{BQ}$.

Под действием Q_Γ и Q_B+P в перемычках возникают механические напряжения σ_Γ и σ_B , которые определяются выражениями [3]

$$\sigma_\Gamma = \frac{Q_\Gamma}{2 \cdot 4 \cdot \cos 45^\circ \cdot F} = 0,18 \frac{Q_\Gamma}{F},$$

$$\sigma_B = \frac{Q_B + P}{2 \cdot 4 \cdot \cos 45^\circ \cdot F} = 0,18 \frac{Q_B + P}{F},$$

где F - площадь сечения перемычек.

Магнитные сопротивления перемычек будут изменяться по формулам [3]:

$$\Delta Z = (Z_{M1} + Z_{M3}) S_\mu \sigma_\Gamma, \quad (8)$$

$$\Delta Z_1 = (Z_{M1} + Z_{M2}) S_\mu \sigma_B, \quad (9)$$

$$\Delta Z_2 = (Z_{M3} + Z_{M4}) S_\mu \sigma_B, \quad (10)$$

где S_μ - магнитоупругая чувствительность материала магнитопровода.

С учетом (8), (9), (10) для $\dot{U}_\Gamma$ и $\dot{U}_{BQ}$ получим

$$\dot{U}_\Gamma = jk_1 \dot{I}_1 Q_\Gamma, \quad (11)$$

$$\dot{U}_{BQ} = jk_2 \dot{I}_1 Q_B, \quad (12)$$

где

$$k_1 = \frac{0,18k_\Gamma (Z_{M1} + Z_{M2}) S_\mu}{F}, \quad k_2 = \frac{0,18k_B (Z_{M1} + Z_{M2} + Z_{M3} + Z_{M4}) S_\mu}{F} = k_1.$$

Из (11) и (12) следует, что при постоянном токе $\dot{I}_1$ обмотки возбуждения и выходные напряжения $\dot{U}_\Gamma$ и $\dot{U}_{BQ}$ измерительных обмоток линейно зависят от Q_Γ и Q_B .

Изменение $Z_{M1} - Z_{M4}$ под действием $Q_B + P$ не влияет на выходное напряжение $\dot{U}_\Gamma$. Это объясняется тем, что если Z_{M1} в цепи АОС увеличивается, то Z_{M3} уменьшается на такую же величину, соответственно, если в цепи БОД Z_{M2} увеличивается, то Z_{M4} уменьшается. Аналогичным образом, Q_Γ не влияет на величину $\dot{U}_B$.

Таким образом, проведенные исследования показали, что рассмотренный двухкоординатный магнитоупругий силоизмерительный датчик обеспечивает измерение двух составляющих Q_Γ и Q_B вектора натяжения Q . Это дает возможность исключить из схемы измерителя натяжения второй силоизмерительный датчик и устройство для установки датчиков во взаимно перпендикулярных плоскостях, что упрощает конструкцию, уменьшает габариты и снижает себестоимость измерителя натяжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шипшинский В. И.** Магнитоанизотропные монолитные силоизмерители. - М.: Машиностроение, 1981. - 90 с.
2. **Левшина Е.С., Новицкий П.В.** Электрические измерения физических величин, измерительные преобразователи.-Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 320 с.
3. **Мамиконян Б.М.** Измерительные магнитные мосты. - Ереван: Айастан, 1985. - 134 с.
4. **Манукян С.А., Манукян И.Р.** Двухкоординатный измеритель натяжения. А. с. СССР. - ¹ 1377631. - 1988.- БИ. - ¹ 8. - 4 с.
5. **Манукян С.А., Манукян И.Р.** Двухкоординатный измеритель натяжения. Патент РФ ¹ 1377631, 1993. - 4 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 01.05.1999.

Ս. Հ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Ար. Ա. ՂԱՄԲԱՐՅԱՆ

ԶԳՄԱՆ ԵՐԿՉԱՓԱՆԻ ՄԱԳՆԻՏԱՃԿՈՒՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽԻՉԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆ

Ուսումնասիրված է մեխանիկական լարվածության չափիչ՝ երկչափանի մագնիսաձկուն ուժային տվիչի կիրառումով: Կազմված է երկչափանի մագնիսաձկուն ուժային տվիչի մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման: Արձարծված են տվիչի չափիչ փաթույթների ելքային լարումների և լարվածության վեկտորի բաղադրիչների միջև եղած առնչությունները: Ապացուցված է այդ բաղադրիչներից որևէ մեկի ազդեցության բացակայությունը մյուսի չափման վրա:

S. H. MANUKYAN, Ar. A. GHAMBARYAN

EXPLORATION OF TWO-DIMENSIONAL MAGNETO-ELASTIC STRENGTH

The trasducer of strains based on two-dimensional magneto-elastic strength gauge is explored. The equivalent schema of the two-dimensional magneto-elastic gauge's magnetic circuit is made up. The relations between output voltages of the measurement windings and components of the strength vector are derived. It is proved that the measurement of any component is independent of others.