

КОНТРОЛЬ МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПОДВИЖНОЙ ПЛАТФОРМЫ ПРИБОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОНТАКТОВ МЕЖДУ ТВЕРДЫМИ СТРУКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

Г.М. Горбова, И.А. Корнеев, А.А. Чепуштанов

В качестве средства контроля момента разрушения исследуемого образца лессового грунта, при определении прочности индивидуальных контактов, применяется бесконтактный линейный электроемкостный измерительный преобразователь микроперемещений.

Бесконтактные измерители микроперемещений широко используются для контроля различных неэлектрических величин. Наиболее точными средствами для бесконтактного измерения микроперемещений являются лазерные интерферометры и оптоэлектронные приборы. Емкостные приборы, уступая по точности оптическим, имеют более простую конструкцию, малые габариты и вес и меньшее энергопотребление и поэтому, согласно проведенным статистическим исследованиям, обладают наибольшим приоритетом в перспективе развития.

Данный преобразователь позволяет контролировать микроперемещение подвижной платформы относительно неподвижной с закрепленной на их плоскостях кассетой с образцом грунта. Конструктивно он представляет собой П-образный преобразователь с краевой емкостью с дополнительными электродами. Данный тип преобразователя имеет линейную статическую характеристику, наиболее стабилен, помехоустойчив и конструктивно прост в изготовлении. Кроме того, данный тип преобразователя строго рассчитан, в зависимости от диапазона перемещения контролируемого объекта, что обеспечивает высокие метрологические характеристики, например при диапазоне измерения 0 ± 500 мкм абсолютная погрешность составляет 0,2 мкм.

Первичный преобразователь крепится на станине разрывного приспособления. Перемещение заземленной поверхности (подвижная платформа) вызывает изменение емкости, измеряемое уравновешенным трансформаторным мостом переменного тока. Изменение емкости преобразователя вызывает разбаланс моста, который компенсируется цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП), являющимся управляемым делителем синусоидального напряжения. ЦАПом управляет

устройство уравнивания, которое работает по принципу следящего уравнивания и изменяет цифровой код на входе ЦАПа в сторону уменьшения или увеличения в зависимости от знака сигнала, снимаемого с фазового детектора усилителя 5. При этом цифровой код с входа ЦАПа преобразуется в преобразователе кодов 8 в десятичный код, соответствующий измеряемому перемещению (рисунок 1).

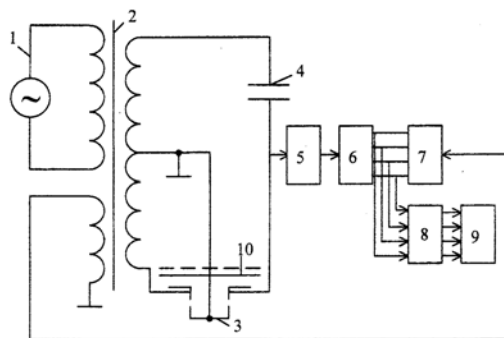


Рис. 1. Измерительная цепь линейного преобразователя: 1 - генератор; 2 - трансформатор; 3 и 4 – измерительный и компенсационный преобразователи; 5 – фазовый детектор; 6 – устройство уравнивания; 7 – цифро-аналоговый преобразователь; 8 – преобразователь кодов; 9 – блок индикации; 10 – заземленная поверхность

Пример конструкции преобразователя с дополнительными электродами приведен на рисунке 2.

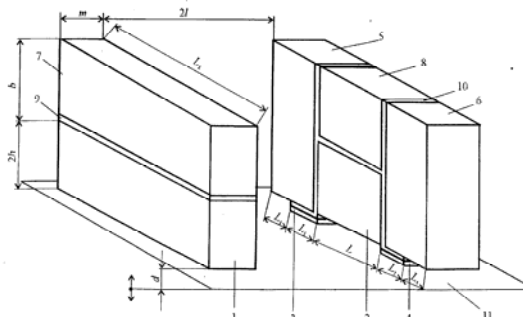


Рис. 2. Конструкция преобразователя с дополнительными электродами: 1 и 2 – высокопотенциальный и низкопотенциальный электроды; 3 и 4 – дополнительные электроды; 5 и 6 – охранные электроды; 7 и 8 – экраны; 9 и 10 – диэлектрические прокладки; 11 – объект перемещения

**КОНТРОЛЬ МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПОДВИЖНОЙ ПЛАТФОРМЫ ПРИБОРА ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОНТАКТОВ МЕЖДУ ТВЕРДЫМИ
СТРУКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ**

Номинальная статистическая характеристика преобразователя определяется при следующих значениях влияющих величин:

1. Нижний $d_n/2l$ и верхний $d_e/2l$ относительные пределы преобразования устанавливаются $d_n/2l = 0,18$ и $d_e/2l = 0,28$ соответственно и, следовательно, относительный диапазон $D/2l$ преобразования

$$D/2l = d_e/2l - d_n/2l = 0,1.$$

2. Отношение высоты $2h$ потенциальных электродов 1 и 2 к расстоянию $2l$ между ними $h/l = 1$, а отношение длин L_1/L дополнительного 3 или 4 и низкопотенциального 2 электродов составляют $L_1/L = 1,3$. Разность высот Δh между высокопотенциальным $2h_1$ и низкопотенциальным $2h$ электродами равна нулю.

4. Смещение по высоте Δd одного потенциального электрода относительно другого $d_1 - d$ равна нулю.

5. Скругление R краев потенциальных электродов, обращенных к объекту перемещения, отсутствует, т.е. радиус кривизны $R=0$.

6. Неплоскостность и шероховатость поверхностей электродов преобразователя отсутствуют, поверхности электродов и экранов имеют между собой углы нуль или 90° .

7. Ширина m потенциальных электродов, обращенных к объекту перемещения, равна бесконечности.

8. Длины охранных L_3 и высокопотенциальных L_2 , а также высота b экранов электродов $L_3=L_2=b = \infty$.

9. Толщина t металлической пленки и зазор s между электродами и экраном равны нулю, т.е. $t=s=0$.

10. Градуировка прибора производится при нормальных условиях.

Отклонение влияющих величин от указанных номинальных значений приводит к погрешности преобразователя.

Таким образом, при выполнении указанных условий расчет, проектирование и изготовление преобразователя, можно производить, исходя из погрешности от нелинейности его статической характеристики.

Последовательность расчета:

1) Для получения заданных метрологических характеристик выбирается преобразователь, изображенный на рисунке 2, с номинальной статической характеристикой.

2) По заданному диапазону D преобразования из выражений

$$d_n/2l = 0,18;$$

$$d_e/2l = 0,28; D/2l = d_e/2l - d_n/2l = 0,1$$

определяются расстояния $2l$ между потенциальными электродами, на основе которого находятся наименьшее d_n и наибольшее d_e значения перемещений, а согласно

$$d_k/2l = d_n/2l + D/2 \cdot 2l = 0,23$$

выбирается расстояние d_k .

3) Согласно

$$hl = L_1/L = 1;$$

$$L/2l \geq 2; L_3/2l \geq 1; L_4/d_e \geq 3;$$

$$L_2 = 3L + 2L_3; b/2l = 0,1; s/2l = 0,02$$

$$\text{и } m/d_e = 3$$

находятся высоты потенциальных $2h$, экранов b электродов, зазор s между ними и ширина m между ними.

4) В соответствии с

$$hl = L_1/L = 1; L_3/2l \geq 1; L_4/d_e \geq 3;$$

$$L_2 = 3L + 2L_3; b/2l = 0,1$$

и

$$L_5 = 2l + 2d_1 + 2L_4; L_6 = L_4 + b + 2h + 2s; L_7 \approx L_6$$

находятся длины низкопотенциального L , дополнительных L_1 , охранных L_3 , высокопотенциального L_2 электродов, ширина L_4 экрана и габаритные размеры $L_5 - L_7$.

5) Технологическими допусками на высоту $\Delta(2h)$ потенциальных электродов, расстояние между ними $\Delta(2l)$, разность высот Δh_1 между потенциальными электродами влияющими на погрешность от нелинейности по расчетным данным можно пренебречь.

6) Начальная емкость C_2 (при $d_n/2l = 0,18$) и наибольшее приращение ΔC_2 емкости преобразователя находятся по формулам

$$C_2 (d_n/2l = 0,18) = 4,854138\epsilon(L + s);$$

$$\Delta C = (C_2 (d/2l = 0,28) - C_2 (d/2l = 0,18)) \epsilon(L+s).$$

7) Для измерения приращения емкости ΔC_2 выбирается уравновешенный трансформаторный мост переменного тока.

На основе приведенной методики разработан прибор контроля микроперемещений.

Технические характеристики бесконтактного линейного электроемкостного преобразователя для контроля микроперемещений подвижной платформы прибора для определения прочности индивидуальных контактов между твердыми структурными элементами лессовых грунтов:

Диапазон перемещения, мкм	0±500
Абсолютная погрешность, мкм	0,2
Габариты: первичного измерительного преобразователя, мм	24×36×54
блока измерения, мм	120×130×150
Питание, В	220
Частота, Гц	50.

Момент разрыва образцов лессового грунта достоверно фиксируется благодаря приведенным выше техническим характеристикам прибора контроля микроперемещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин П.П. и др. Емкостные средства измерения диаметра протяженных цилиндрических изделий и линейных перемещений. – М.: НИИТЭХИМ. №4, 1989.
2. Горбова Г.М., Чепуштанов А.А. Прецизионные бесконтактные электроемкостные приборы для контроля линейных перемещений. – Барнаул: АлтГТУ, 2000.-11с. (Препринт №240 -2000)
3. Пат. 2147726 RU, МКИ G01B7/14, G 01 Д 5/24, 2000.