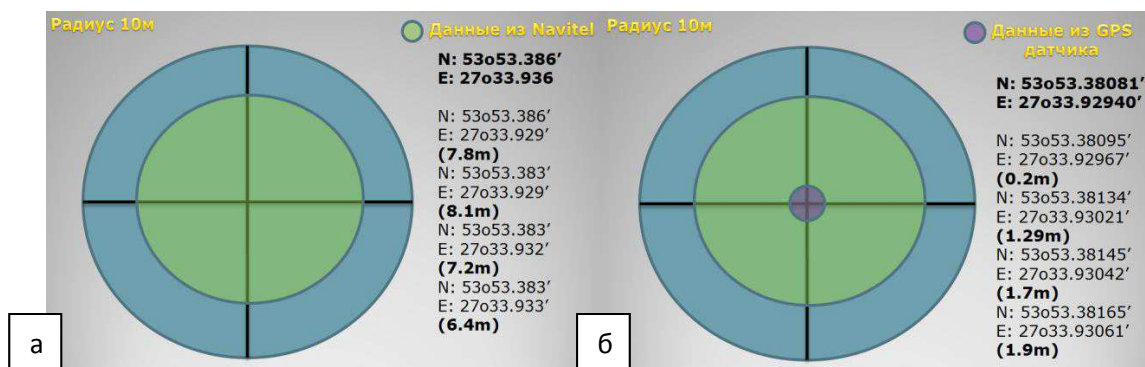


Для определения координат местонахождения был проведен ряд экспериментов 2-х устройств с глобальной системой позиционирования.

На рисунке 6 представлены данные глобальной системы позиционирования GPS, которая встраивается в промышленной серии мобильных телефонов, а также навигационное программное обеспечение NAVITEL. Здесь графически изображен диапазон отклонения данных 5 измерений относительно первого измерения. На рисунке видно, что погрешность может достигать до 8 метров. Графически он изображен зеленым кружком.

Расчет расстояния от одной координаты относительно другой был произведен с помощью одного из online калькулятора позиционирования.



а) Navitel,

б) GPS arduino

Рис. 6. Данные из глобальной системы позиционирования

На рис. 6б представлены данные уже с приобретенного GPS датчика, который был подключен к платформе Arduino. Этот датчик выдает более точные координаты, точнее 5 знаков долей минут, нежели промышленного датчика 3 знака долей минут. Его погрешность составляет до 2 метров, что существенно улучшает позиционирование. Графически он изображен сиреневым кружком. А зависимость двух датчиков из мобильного телефона и отдельного датчика тоже можно увидеть на рисунке 6б.

В целом платформа Arduino показала хорошие результаты в работе с разнотипным оборудованием.

## ИНДУКЦИОННЫЙ ДАТЧИК УГЛОВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Торопов А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Для выполнения многих технических задач требуются датчики, погрешность измерения которых не превышает десятых долей процента в широком диапазоне рабочих температур при минимальных габаритах, высоком уровне выходного напряжения и помехозащищенности. Применение в таком случае фотооптических датчиков, индуктосинов, редуктосинов или цифраторов не оправдано ввиду их сложности, больших габаритов, массы и стоимости. Перспективным направлением решения таких задач является создание индукционных датчиков по инвариантной схеме. Датчик предназначен для преобразования угла поворота ротора в сигналы переменного тока, величины напряжений которых пропорциональны углу поворота ротора.

Конструктивная схема датчика показана на рисунке 1. Датчик состоит из следующих основных сборочных единиц: обмотки возбуждения, магнитопровода, экрана, вала и рабочих обмоток.

Датчик содержит статор, состоящий из шихтованного магнитопровода 2 в виде трех колец, соединенных переключками и размещенных на среднем кольце сосредоточенных обмоток возбуждения 1, включенных встречно, и рабочих обмоток 5, включенных согласно, а также ротор в виде экрана 3 (короткозамкнутого витка), закрепленного на полом вала 4.

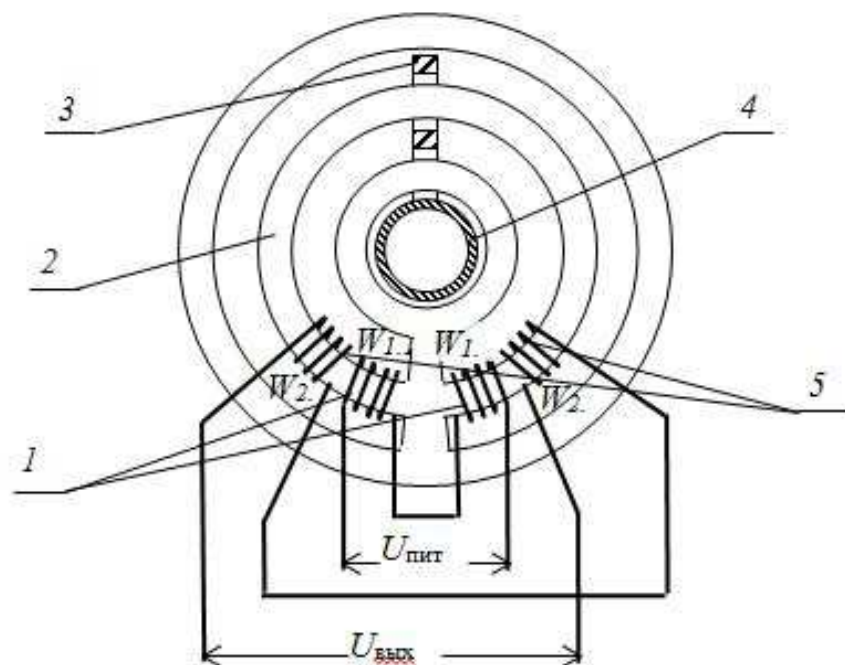
Проходная конструкция датчика (отсутствие подшипников) обеспечивает его высокую технологичность и позволяет разместить его непосредственно на валу привода.

Являясь развитием конструкции бесконтактного датчика углового перемещения с короткозамкнутым витком, данный датчик отличается сосредоточенными обмотками вторичной цепи вместо распределенных [3].

По принципу действия датчик является индукционно-динамическим трансформаторного типа. Принцип работы основан на электромагнитном экранировании.

При подаче напряжения питания на обмотки возбуждения  $W_1$  и  $W_2$ , которые включены последовательно-встречно, магнитное поле в зазорах между кольцами магнитопровода, создаваемое током, протекающим по обмоткам, равномерное, поскольку равномерны зазоры.

При среднем положении экрана относительно физической нейтрали датчика потокосцепления рабочих обмоток, которые включены последовательно-согласно, равны и создают равные, но противоположно направленные ЭДС. Выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  при этом равно или близко к нулю.



**Рис. 1.** Конструктивная схема датчика:  
1 – обмотки возбуждения; 2 – магнитопровод;  
3 – экран; 4 – вал; 5 – рабочие обмотки

При перемещении экрана из среднего положения на угол  $\alpha$  поток, создаваемый экраном, изменяет потокосцепление рабочих обмоток, одной – увеличивает, другой – уменьшает, следовательно, изменяется выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$ . Оно увеличивается пропорционально увеличению угла поворота экрана.

Выходной характеристикой является отношение разности напряжений выходных полуобмоток  $U_{21}$  и  $U_{22}$  к напряжению дополнительной выходной обмотки или к сигналу, эквивалентному  $U_0$ , за который может быть принята сумма  $U_{21}+U_{22}$ :

$$Y = \frac{U_{21} - U_{22}}{U_{21} + U_{22}}$$

Полная компенсация погрешностей от температуры и колебания напряжения у датчиков собранных по инвариантной схеме с опорной обмоткой возможна при равенстве активных сопротивлений опорной и выходной обмоток [1].

В этом случае нелинейность выходной характеристики датчика, определяется по формуле:

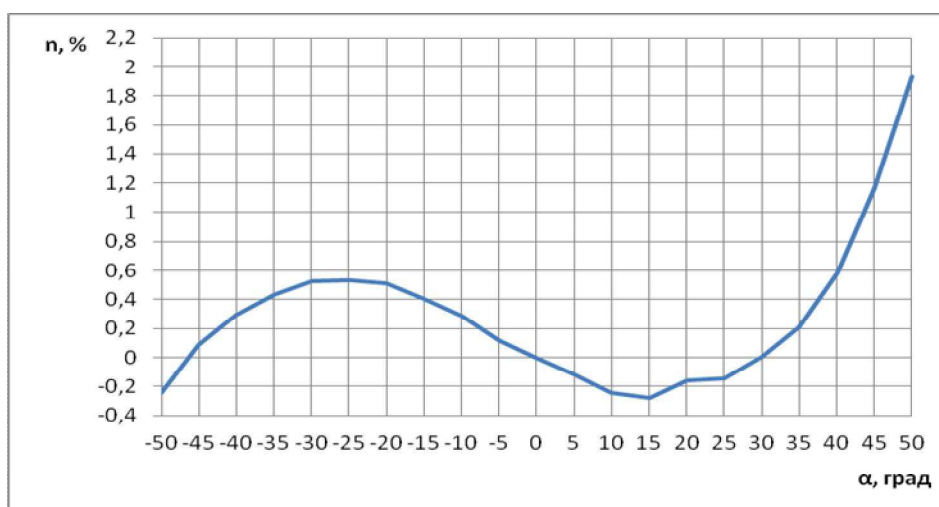
$$n = \frac{(Y_i/k_{cp}) - \alpha_i}{\alpha_{\max}} \cdot 100\%$$

где  $\alpha_i$  – угол поворота вала в текущей точке измерения, град.

$k_{cp}$  – средняя крутизна выходной характеристики датчика, 1/град.

$\alpha_{\max}$  – максимальный угол поворота вала, град.

$$k_{cp} = \frac{\sum Y_i}{\sum \alpha_i}$$



**Рис. 2.** Зависимость нелинейности от угла поворота ротора по инвариантной схеме

Полученные рабочие характеристики представленного датчика показывают, как изменяется выходное напряжение рабочей обмотки относительно угла поворота ротора датчика. Рабочие характеристики имеют линейный характер, что соответствует высокой точности датчика.

Нелинейность выходной характеристики датчика (рисунок 2) обуславливается величиной и равномерностью рабочего воздушного зазора между статором и ротором при изготовлении датчика. Причиной неравномерностей могут быть различные факторы при изготовлении, такие как: несоосность конструкции датчика, отклонения от размеров, недостаточно равномерная шлифовка пакета роторов. Следует отметить, что нелинейность не выходит за пределы допустимых значений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Джексон Р.Г. Новейшие датчики: пер. с англ. / Джексон Р.Г. – М.: Техносфера, 2007. – 380 с.
2. Шидлович Л.Х. Дифференциальные трансформаторы и их применение. – М.: Энергия, 1966.
3. Гладущенко В.Н., Балюс И.В. Электронные и электромеханические системы и устройства // Сборник научных трудов НПП «Полус». –Томск: 1997. – С. 161-164.

## РАЗРАБОТКА СИЛОВОГО КАБЕЛЯ СПЭ С НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫМ ТЕРМИЧЕСКИМ БАРЬЕРОМ

Догоновский В.Д.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Современные силовые кабельные линии среднего напряжения выполняются на основе кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). В тоже время всеобщие тенденции повышения энергоэффективности в энергетике диктуют условия необходимости улучшения эксплуатационных характеристик существующих и вновь сооружаемых кабельных линий.

Улучшение эксплуатационных характеристик СПЭ кабелей возможно обеспечить путем снижения температуры на поверхности кабеля.

Повышенные токовые нагрузки силовых СПЭ кабелей среднего напряжения по сравнению с кабелями с бумажно-пропитанной изоляцией обеспечиваются за счет максимально допустимой температуры нагрева токопроводящей жилы 90 °С. Но ввиду малой толщины изоляции (кабели среднего напряжения 2.8 - 3 мм) и, как следствие, относительно небольшого теплового сопротивления кабеля он разогревается на поверхности до температур 70 - 85 °С. Избыточные температуры оказывают негативное влияние на условия прокладки (высыхание грунта, повышение температуры воздуха и т.д.) и сопутствующие кабельные системы.

Для снижения пагубного влияния теплового поля кабеля предложено изменить конструкцию силового кабеля путем замены полупроводящего слоя по изоляции на «термический барьер» той же толщины (0.6 мм) выполненный на основе наноразмерного пирогенного диоксида кремния.

Для подтверждения возможности и целесообразности использования «термического барьера» выполнен тепловой расчет двух конструкций кабелей одинаковых геометрических размеров с «термическим барьером» и без него с последующим определением температуры на поверхности кабеля. На основе полученных результатов путем вариации коэффициента теплопроводности «термического барьера» доказано, что с введением в конструкцию барьера из наноразмерных частиц SiO<sub>2</sub> температура на поверхности кабеля снижается с 83 до 54 °С без изменения максимально допустимой токовой нагрузки, определенной с учетом взаимного теплового влияния фаз друг на друга. Так же определено пороговое значение коэффициента теплопроводности для заданных геометрических размеров равное  $4.8 \cdot 10^{-3}$  [Вт/(м·К)], при котором наблюдается максимальное снижение температуры на поверхности кабеля (30%).