

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің 60 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары– 13: дәстүрлерді сақтай отырып, болашақты құру» атты Республикалық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 13: сохраняя традиции, создавая будущее», посвященная 60-летию Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина. - 2017. - Т.1, Ч.5. - С.76-79

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Туркебева З. Т., Усипбеков Н. А.

Сведения об оптоэлектронном трансформаторе тока и напряжения

На протяжении многих лет во многих странах мира разрабатываются трансформаторы напряжения (ТН) и тока (ТТ) оптоэлектронного типа, рис.1, основанные на использовании электрооптических эффектов Керра и Погкельса (для измерения напряжения) и магнитооптического эффекта Фарадея (для измерения тока) [1].

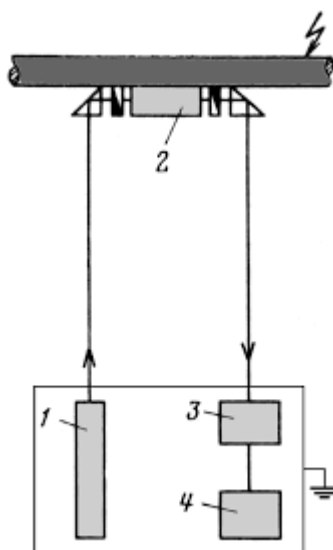


Рисунок 1 – Принцип построения оптоэлектронного измерительного трансформатора

1 – источник поляризованного света; 2 – электрооптический преобразователь; 3 – анализатор света; 4 – фотопреобразователь и усилитель с выходным исполнительным элементом

В трансформаторах напряжения с ячейками Керра или Погкельса, рис. 1, световой поток модулируется электрическим полем в активном материале, расположенном между электродами, к которым приложено измеряемое напряжение. Эффект Керра возникает во многих изотропных веществах (бензол, эпоксидные компаунды и др.), но в основном чаще используется нитробензол, проявляющий наибольший эффект. Линейный электрооптический эффект Погкельса наблюдается в пьезоэлектрических кристаллах, помещенных в электрическое поле. Сильнее всего этот эффект проявляется в кристаллах дигидрофосфата аммония ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) и гидрофосфата калия (KH_2PO_4) в продольном электрическом поле, создаваемом с помощью кольцевых электродов [2].

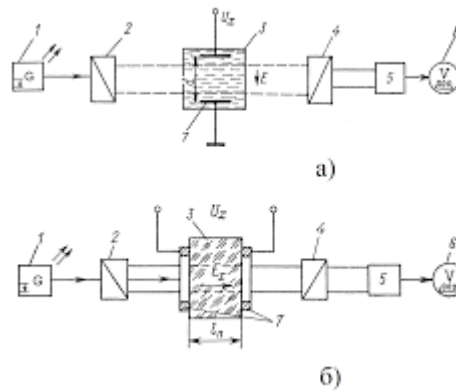


Рисунок 2 – Электрооптические преобразователи Керра (а) и Погкельса (б)
 1 – источник света; 2 – поляризатор света; 3 – активный материал; 4 – анализатор поляризации; 5 – фотоприемник; 6 – выходной элемент; 7 – электроды, к которым приложено измеряемое напряжение

В оптоэлектронных трансформаторах тока используется эффект Фарадея, рис. 2, который заключается во вращении плоскости поляризации линейно поляризованного света в оптически активном веществе под действием внешнего магнитного поля. Измеряя угол поворота плоскости поляризации света можно определить индукцию магнитного поля или силу тока, если преобразователь поместить в магнитное поле измеряемого тока.

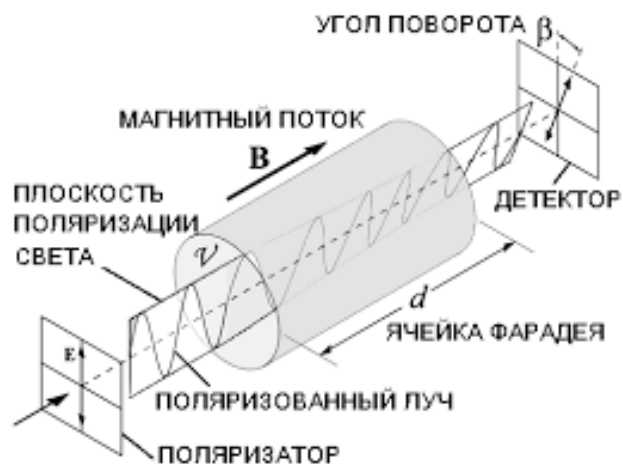


Рисунок 3 - Магнитооптический преобразователь на основе эффекта Фарадея



Рисунок 4

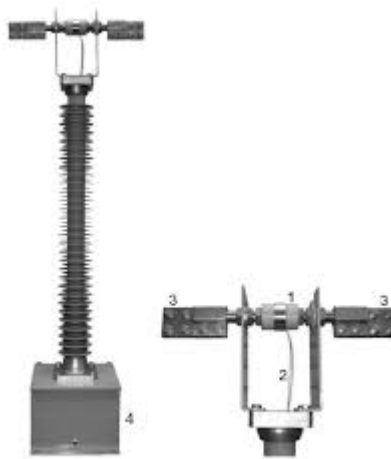
Угол поворота плоскости поляризации света определяется следующим соотношением:

$$\beta = vBd$$

где: β – угол поворота (в радианах); B – плотность магнитного потока (в Теслах); d – длина части ячейки Фарадея, взаимодействующей с магнитным потоком (в метрах); V – константа Вердета для данного материала ячейки Фарадея.

В качестве рабочего вещества в магнитооптических преобразователях используют стекла, содержащие оксид свинца (так называемые флинтсы, кроны), а также плавный кварц. Пленки из феррита граната более чувствительны к магнитному полю. В этом устройстве, рис. 1, поляризованный луч с заземленного источника поступает по оптическому волокну или по световоду другого типа на ячейку Фарадея, расположенную непосредственно на высоком потенциале. В этой оптической ячейке световой поток меняет свой вектор поляризации в зависимости от величины воздействующего на нее магнитного потока (пропорционального току в высоковольтной цепи), рис. 2. Далее, промодулированный таким образом световой луч возвращается на потенциал земли, где преобразуется в электрический сигнал, рис. 1. Такой разработкой устройств занимаются уже около 30-40 лет. И только относительно недавно на рынке появились оптические трансформаторы тока, рисунок 4 [3].

Чувствительный элемент трансформатора тока установлен на полимерной изоляционной колонке, снабженной поддерживающим изолятором, который обеспечивает спуск гибкого световода на землю. Преобразователь (1) входного сигнала в два линейно - поляризованных сигнала, которые поступают по оптоволокну, сохраняя поляризацию, на измерительную головку, выполнен на базе светоизлучающего диода. Круговой поляризатор (2) наверху изоляционной колонки (опорного изолятора) преобразует два линейно - поляризованных световых сигнала в сигналы с круговой поляризацией левого и правого вращения. Световые сигналы (3) многократно обходят проводник. Магнитное поле, создаваемое током, протекающим в высоковольтном проводнике, замедляет один сигнал и ускоряет другой (эффект Фарадея). Когда сигналы с круговой поляризацией проходят весь путь вокруг проводника, они отражаются зеркалом (4) и направляются в обратный путь. При этом, направление их поляризации становится обратно первоначальному. На этом обратном пути эффект удваивается. После этого оба сигнала возвращаются обратно на круговой поляризатор, преобразующий их в линейно - поляризованные световые пучки. Свет поступает обратно на оптоэлектронный блок внизу колонки по оптическому волокну (6). Разница в скорости распространения этих двух оптических сигналов создает сдвиг по фазе между ними. Поскольку оба сигнала распространяются по одинаковым путям, вибрация и изменение температуры воздействуют на них одинаково и поэтому не влияют на точность измерения тока.



1 – ячейка Фарадея; 2 – оптическое волокно; 3 – токовые выводы; 4 – электронный преобразователь

Сложные микропроцессорные оптоэлектронные системы вовсе не являются верхом совершенства. Поэтому и оптоэлектронные трансформаторы тока, вовсе не являются универсальными устройствами, которые смогут заменить все типы существующих трансформаторов тока, а будут иметь, скорее ограниченное применение в некоторых специальных случаях [4].

Список литературы

1. Гуревич В. Оптоэлектронные трансформаторы: панацея или частное решение частых проблем? Вести в электронике. 2010г.
2. Соколовский А.А., Отчерцов А.В. – оптоэлектронный трансформатор тока и напряжения. 2015г.
3. [Efremenko A.N.](#), [Kretulis V.S.](#), [Oleksenko P.F.](#) Analysis of a linear optoelectronic voltage transformer TELECOMMUNICATIONS AND RADIO ENGINEERING Том: 32-3 Выпуск: 9 Стр.: 113-117 Издатель: SCRIPTA TECHNICA-JOHN WILEY & SONS, 605 THIRD AVE, NEW YORK, NY 10158
4. Bo C., Shang Q.F., Yin C.Q., Yang Y.H. Study on a new optoelectronic current transformer Опубликовано: 13-17 октября 2002г. Стр.: 1105-1109, Местоположение: KUNMING, PEOPLES R CHINA