Uzbek Journal of Physics
Vol.21(№4) 2019 PP.270-272

МИКРОЭЛЕКТРОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ БОЛЬШИХ ТОКОВ

А. Касымахунова, Р. Найманбоев, М. Тохиров

Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан
(Получена 03.05.2019)

Мақолада автоном типдаги фотоқабул қилгичларнинг янги вариантлари кўриб чиқилган. Ёруғлик манбасида ишловчи генератор типидаги фотоқабул қилгичларнинг электрооптик ва магнитооптик хусусиятлари келтирилган. Катта токларни ўлчовчи оптоэлектрон микроминиатюризацияланган ўлчаш асбобининг ишлаш принципи берилган. Опто-электрон микроминиатюризацияланган ўлчаш асбобининг хусусиятлари ва асосий афзалликлари муҳокама қилинган.

В статье рассматриваются новые варианты фотоприемников автономного типа. Излагаются электрооптические и магнитооптические свойства фотоприёмников генераторного типа, работающие со световым питанием. Рассматриваются принципы действия оптоэлектронного микроминиатюрного измерителя больших токов. Обсуждаются особенности и основные преимущества миниатюрного измерителя тока.

In the article, new version of photoreceivers of autonomous type is discussed. The electro-optical and magneto-optical properties of photoreceiver of the generator type working with light power are described. The principles of operation of the optoelectronic microminiature measuring instrument of high currents are considered. The features and main advantages of a miniature current measurer are discussed.

Для измерения в силовых цепях токов порядка 20–1000 А используются трансформаторы токов (ТТ). Трансформатор тока со стороны первичной обмотки включается в линию, как амперметр, последовательно с контролируемым объектом, а его вторичная обмотка замыкается непосредственно на амперметр. Следовательно, ТТ практически работает в режиме короткого замыкания, и с большой степенью точности отношение вторичного тока к первичному равно коэффициенту трансформации. Это условие выполняется тем точнее, чем меньше требуемая намагничивающая МДС трансформатора, т.е. чем меньше магнитная индукция в магнитопроводе. Первичный ток ТТ, равный току нагрузки, не зависит от сопротивления вторичной цепи. Поэтому при увеличении сопротивления цепи вторичной обмотки увеличивается напряжение обмотки магнитного потока магнитопровода, ТТ отдаляется от режима короткого замыкания и точность его работы уменьшается. Следовательно, общее сопротивление измерительных приборов, включаемых последовательно во вторичную цепь ТТ, не должно превышать определенных допустимых значений. Разрыв вторичной цепи ТТ (холостой ход) недопустим и является для него аварийным режимом. При отсутствии вторичного тока во много раз возрастают магнитный поток и тепловые потери в стали магнитопровода. Кроме того, возрастают вторичные ЭДС и напряжение, что может привести к пробою изоляции и представляет опасность для обслуживающего персонала.

Проблемы микроминиатюризации и устранение указанных недостатков ТТ в электромагнитном варианте невозможны.

Задача создания оптоэлектронного ТТ в микроэлектронном исполнении, аналогичного по своим свойствами ТТ с электромагнитной связью, с электрической развязкой входа и выхода, не имеет решения в твердотельной электронике. Необходимость реализации этих функций привела к идее оптоэлектронного ТТ с прямой оптической связью, положившей начало развитию микроэлектронной электротехники.

С целью расширения функциональных возможностей и для микро-миниатюризации ТТ (сокращение его габаритов и веса) нами разработан оптоэлектронный вариант ТТ, работающий в автономном режиме через оптическую связь, играющую здесь роль индуктивной связи обычного ТТ. Основным элементом оптоэлектронного измерительного трансформатора тока (ОИТТ) является фотоприемник генераторного типа. Для изготовления такого оптоэлектронного функционального элемента необходим оптико-активный материал, обладающий такими свойствами, как высокоомичность, оптико-изотропность, высокая степень неоднородности. С этой целью нами разработана специальная технология изготовления фотоприемника генераторного типа [1]. Как известно, ядром фотоприемника генераторного типа является АФН-элемент, который получается анизотропным вакуумным испарением; естественно ожидать проявления этой анизотропии и неоднородности при освещении структуры поляризованным светом [2].

Представляется важным выяснение влияния поляризованного света на магнитооптические свойства фотоприемника генераторного типа. Эксперименты в поляризованном свете показали, что свойства АФН-структуры сильно зависят от ориентации плоскости поляризации света, показатель преломления также сильно зависит от положения плоскости поляризации относительно направления оси *C* [3]. Изменение положения плоскости поляризации, сильно меняет коэффициент поглощения, поэтому в АФН-структурах наблюдается эффект двойного лучепреломления [4]. Кроме того, если АФН-элемент (фотоприемник генераторного типа) поместить в магнитное поле, в результате чего плоскость поляризации поворачивается, вращение поляризации происходит под действием магнитного поля. При этом угол поворота пропорционален индукции магнитного поля,

$$\alpha = (1/2)K\mu B ,$$

где K – коэффициент поглощения, μ – подвижность.

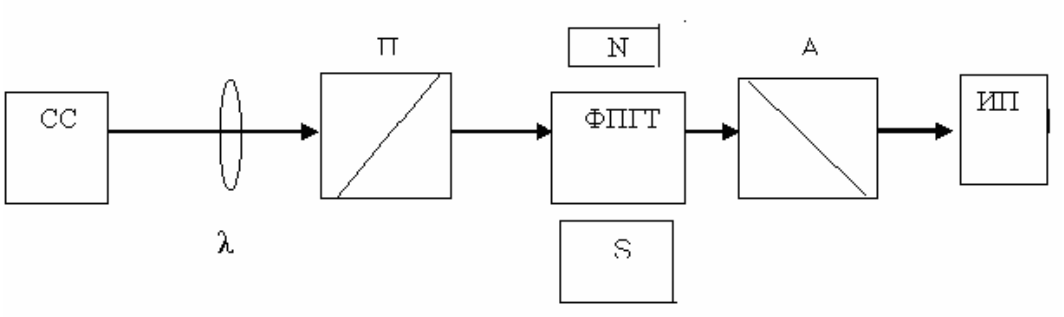


Рис. 1. Оптоэлектронный измерительный трансформатор тока, СС – солнечной свет, λ – линза, П – поляризатор, N, S – полюса магнитного поля, ФПГТ – фотоприемник генераторного типа, А – анализатор, ИП – выходной измерительный прибор.

На рис. 1 показан оптоэлектронный измерительный трансформатор тока с рабочим телом в виде тонкой пленки фотоприемника генераторного типа, применяемого в области видимого света. Для сравнения на рис. 2 изображен ТТ с электромагнитной связью.

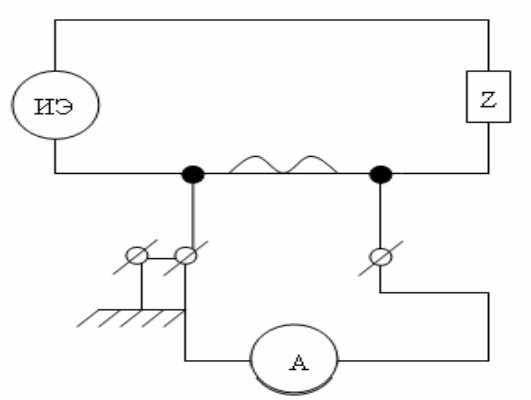


Рис. 2. Электромагнитный вариант ТТ: ИЭ – источник электрической энергии, Z – нагрузка, А – амперметр.

Оптоэлектронный измерительный трансформатор в дневной время работает автономно под действием естественного освещения, а вечером автоматически переходит к искусственному освещению от светодиода небольшой мощности. По показаниям выходного измерительного прибора непосредственно определяется угол поворота плоскости поляризации, что дает возможность оценить магнитное поле объекта. По известной величине магнитной индукции градируется шкала измерителя трансформатора тока. Оптоэлектронный измеритель тока малогабаритный, обладает широким диапазоном измерений, его чувствительность высока, надёжность соответствует требованиям микроэлектронных схем. Измерения неконтактные, что позволяет вести непрерывный контроль, не нарушая режим работы потребителей.

В заключение необходимо отметить, что значение исследований оптоэлектронной аппаратуры высокой точности и надежности определяется развитием микроэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М. Касымахунова, Р.А. Нурдинова, Узбек. физич. журн. **19**, №5, 302 (2017).
2. Э.И. Адирович и др. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и оптроника (Ташкент, изд-во Фан, УзССР, 1972).
3. Р. Найманбоев, М. Тохиров, С. Собиров, Р.А. Нурдинова, Узбек. физич. журн. **14**, №5-6, 311 (2012).
4. Р. Найманбоев, С. Ирматов. Ярим ўтказгичли фотоприёмниклар (Фарғона, 2011).