

УДК 621.38

**Высокочувствительный сигнализатор напряжения**

Ермолинская Л.Э., Тарарай А.О.

Научный руководитель – к.т.н. ГОРНОСТАЙ А.В.

Электроустановки – это объекты повышенной опасности. В процессе эксплуатации электроустановок возможно воздействие различных негативных факторов на человека. Поэтому на каждом промышленном предприятии имеется служба охраны труда, которая должна обеспечивать максимальную безопасность обслуживающего персонала.

Эксплуатация электроустановок должна осуществляться в строгом соответствии с требованиями нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов и норм комплектования средствами защиты работающих в электроустановках. Требования безопасности при эксплуатации электроустановок для всех работодателей и работающих, выполняющих указанные работы, устанавливает Технический кодекс установившейся практики ТКП 427-2012 (02230) [1]. Требования настоящего ТКП применяют также при организации и выполнении в действующих электроустановках строительных, монтажных, наладочных, ремонтных работ, испытаний, измерений и диагностики.

В соответствии с требованиями ТКП 427–2012 при производстве работ на электроустановках проводится комплекс организационных, технических и дополнительных мероприятий по соблюдению техники безопасности. Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям используют защитные оболочки, защитные ограждения (временные или стационарные), безопасное расположение токоведущих частей, изоляцию токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная), изоляцию рабочего места, предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

В качестве дополнительных средств защиты в электроустановках могут применяться бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения со световой и (или) звуковой сигнализацией, предупреждающие о приближении на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Рекомендуется применять данные сигнализаторы, предназначенные для размещения на каске, в кармане куртки, в рукоятке указателя напряжения. Сигнализаторы не предназначены для определения отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок, для чего могут быть использованы только указатели напряжения.

В настоящее время на рынке Республики Беларусь предлагается достаточно широкий спектр бесконтактных сигнализаторов напряжения от разных производителей [2]. Нами проведен анализ технических характеристик, результаты которого представлены в таблице 1.

Анализ приведенных в таблице характеристик представленных на рынке моделей бесконтактных сигнализаторов напряжения позволяет сделать два важных вывода:

1. Все приведенные в таблице модели сигнализаторов напряжения предназначены для работы в диапазоне высоких напряжений (6 кВ и выше).
2. Чувствительность большинства из них не превышает 2 м, и только две модели при напряжении выше 6 кВ имеют более высокие показатели чувствительности.

Между тем электробезопасность обслуживающего персонала электроустановок до 1 кВ является не менее актуальной.

Известно, что некоторые материалы при помещении их в магнитное поле изменяют свои геометрические размеры. Это явление называют магнитострикцией, а такие материалы – магнитострикционными. Явление магнитострикции находит широкое применение в технике (магнитострикционные стабилизаторы частоты, магнитострикционные приемники и передатчики ультразвука и т.д.) [3].

Таблица 1 – Основные технические характеристики сигнализаторов напряжения

Название и марка сигнализатора	Внешний вид	Контролируемый диапазон напряжений, к В	Чувствительность, м (не менее)
Сигнализатор напряжения наручный СНН-10		6-10	1,2
Сигнализатор напряжения индивидуальный касочный СНИК		6-10	2
Сигнализатор напряжения индивидуальный универсальный СНИУ.Д		6-10	2
Сигнализатор напряжения индивидуальный касочный "Радиус"		6-10	2
Сигнализатор напряжения наручный СНН-35		35	3
Сигнализатор высокого напряжения СНВЗ		6 и более	6

На рисунке 1 представлена схема высокочувствительного сигнализатора напряжения в электроустановках, основанная на использовании эффекта магнестрикции для индикации магнитных полей, возникающих в электроустановках, находящихся под напряжением ниже 1 кВ [4].

Сигнализатор напряжения содержит датчик магнитного поля 1, дифференциальный усилитель 2, блок питания 3, электронный ключ 4 и блок звуковой сигнализации 5. Блок звуковой сигнализации 5 выполнен на последовательно соединенных импульсном генераторе 6 и громкоговорителе 7.

Датчик магнитного поля 1 выполнен в виде волоконного интерферометра Маха-Цендера и содержит пьезоэлектрический цилиндр 8, инерционный элемент 9, световоды 10 и 11, светодиоды 12 и 13, фотоприемники 14 и 15.

Пьезоэлектрический цилиндр 8 обеспечивает ускорение инерционного элемента 9, т.е. перемещение этого элемента в направлениях, показанных на рис. 1 стрелками, необходимое для нормальной работы датчика 1. Для этого на пьезоэлектрический цилиндр 8 подается синусоидальное напряжение от специального источника, который на рис. 1 не показан.

Инерционный элемент 9 представляет собой определенную массу из немагнитного материала, соединенную внутри пьезоэлектрического цилиндра 8 со световодами 10 и

11. Инерционный элемент 9 при подаче на пьезоэлектрический цилиндр 8 синусоидального напряжения начинает колебаться, при этом под действием возникающего ускорения  $a$ , он перемещается в направлениях, указанных стрелками, чем обеспечивает перемещение связанных с ним световодов 10 и 11, необходимое для нормальной работы интерферометра.

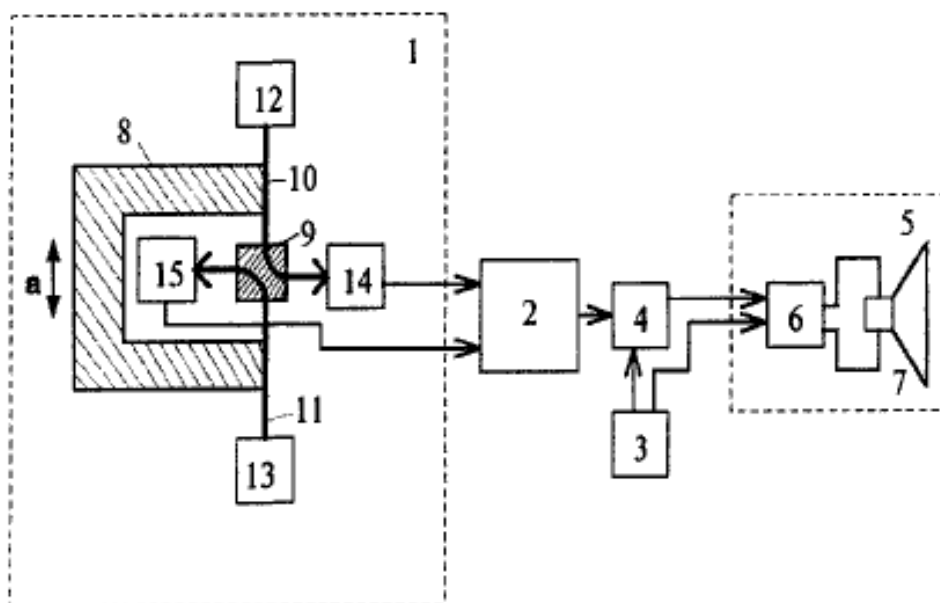


Рисунок 1 – Структурная схема сигнализатора напряжения

Световоды 10, 11 используются в качестве чувствительного элемента датчика 1 и соединены с инерционным элементом 9. При этом один из световодов (далее в описании - световод 10) имеет нанесенный непосредственно на его поверхность слой магнитоэлектрического материала. При работе датчика 1 в результате изменения размеров световода 10 под воздействием возникающего магнитного поля в этом плече интерферометра возникает дополнительный сдвиг фазы световой волны, что позволяет в конечном итоге снимать сигнал, пропорциональный изменению напряженности внешнего магнитного поля. Светодиоды 12 и 13 служат для создания необходимых световых потоков в световодах 10 и 11. Фотоприемники 14 и 15 необходимы для преобразования световых потоков, поступающих от светодиодов 12 и 13, в электрические сигналы.

Сигнализатор напряжения работает следующим образом.

Перед началом работы оператор вдали от электроустановки включает питание устройства. Пьезоэлектрический цилиндр 8 под действием синусоидального напряжения начинает колебаться и перемещает инерционный элемент 9 в направлениях, показанных на рис. 1 стрелками. Световоды 10 и 11, соединенные с инерционным элементом 9, также начинают перемещаться в указанных направлениях. При этом происходит изменение относительной длины световодов 10 и 11 пропорционально возникающему ускорению  $a$ . При продольном воздействии усилий на световоды 10 и 11 происходит их удлинение, приводящее к изменению фаз излучений от светодиодов 12 и 13, пропускаемых через эти световоды.

В случае отсутствия внешнего магнитного поля возникающий фазовый сдвиг в световодах 10 и 11 будет одинаковым и на входы усилителя 2 с выходов фотоприемников 14 и 15 поступают одинаковые сигналы, соответственно на выходе усилителя 2 отсутствует управляющий сигнал, электронный ключ 4 закрыт и звуковой генератор 6 не работает.

При приближении к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением, на расстоянии 8...10 м на датчик 1 начинает действовать магнитное поле, возникающее в токоведущих частях электроустановки вследствие протекания по ним токов согласно закону Био-Саварра-Лапласа. Возникающее магнитное поле приводит к дополнительному изменению

размеров световода 10 вследствие нанесенного на его поверхность слоя магнитоотрицательного материала, в результате чего в этом плече интерферометра возникает дополнительный сдвиг фазы излучения от светодиода 12. Это изменение регистрируется фотоприемником 14, фототок которого изменяется и становится отличным от фототока фотоприемника 15. Сигналы с выходов фотоприемников 14 и 15 поступают на входы дифференциального усилителя 2.

Полученный в результате сигнал рассогласования усиливается дифференциальным усилителем 2 и подается на управляющий вход электронного ключа 4. Электронный ключ 4 открывается и второй потенциал блока питания 3 по силовой цепи прикладывается к импульсному генератору 6. Генератор 6 включается и генерирует сигналы, которые и воспроизводит громкоговоритель 7, осуществляя звуковое оповещение обслуживающего персонала электроустановки. При выходе из зоны действия магнитного поля датчик 1 улавливает это изменение, сигнал на выходе усилителя 2 прекращается, электронный ключ 4 закрывается, генератор 6 обесточивается и звуковое оповещение прекращается.

Использование персоналом электроустановок предлагаемого сигнализатора напряжения ВСН-1 позволит обеспечить индикацию магнитных полей в электроустановках в диапазоне напряжений от 0,3 кВ и выше на расстоянии не менее 8 метров, позволит снизить электротравматизм персонала.

### Литература

1. 1. Кодекс установившейся практики: Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок: ТКП 427-2012 (02230). – Введ. 28.11.2012. Минск: Минэнерго, 2012. –82 с.
2. 2. Letra. Инструмент и электрозащитные средства. Каталог товаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.letra.by/catalog/7643,signalizatory-i-indikator-toka>. – Дата доступа: 27.09.2019
3. 3. Белов, К.П. Магнитоотрицательные явления и их технические приложения / К.П. Белов. – М.: Наука. Гл. ред. Физ. Мат. лит., 1987. – 160 с.
4. 4. Устройство для регистрации магнитных полей в системах электроснабжения: патент Республики Беларусь 6501 МПК G 01R33/06, G 01R 33/032, G 01R 33/19 (2009) / А.В. Горностай, Ю.А. Ролик; дата публ.: 30.08.2010