

Оптические датчики тока и напряжения

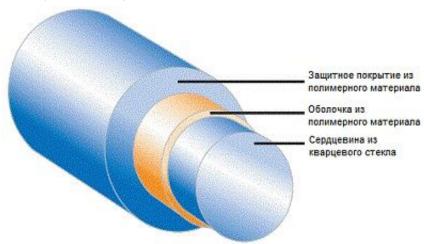
Студент: Карпенко Екатерина

План

- 1. История создания
- 2. Эффект Фарадея
- 3. Строение оптических датчиков тока
- 4. Фридрих Карл Альвин Поккельс. Эффект Поккельса
- 5. Строение оптических датчиков напряжения;
- 6. Область применения оптических датчиков тока и напряжения;
- 7. Преимущества и недостатки оптических датчиков тока и напряжения;
- 8. Сравнительные характеристики оптических датчиков тока и напряжений различных компаний;
- 9. Итог.

История создания

Первые попытки создания датчиков на основе оптических волокон можно отнести к середине 1970-х годов. Публикации о более или менее приемлемых разработках и экспериментальных образцах подобных датчиков появились во второй половине 1970-х годов. Однако считается, что этот тип датчиков сформировался как одно из направлений техники только в начале 1980-х годов. Тогда же появился и термин "волоконно-оптические датчики" (optical fiber sensors). Таким образом, волоконно-оптические датчики -- очень молодая область техники.



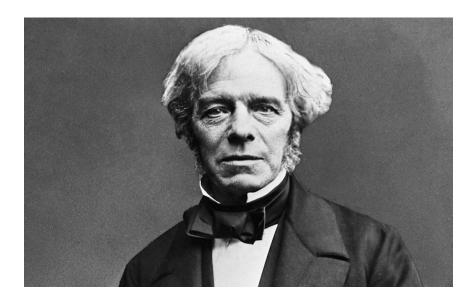
История создания

Современная волоконная оптика стала развиваться в начале 70-х годов, когда практически одновременно в нескольких странах для изготовления оптических волокон (ОВ) была использована технология осаждения из газовой фазы (MCVD технология). В это же время начались и первые работы по созданию высококачественных ОВ в СССР для телекоммуникационных применений, главным образом в Академии Наук. Данная технология позволила резко понизить уровень потерь света в кварцевых волокнах сначала до 10 дб/км, а затем и менее 1дб/км. MCVD технология была выбрана так успешно, что и до настоящего времени является одной из основных технологий как для промышленного производства, так и для разработки новых типов ОВ. Кроме телекоммуникационных применений становление и развитие волоконнооптических технологий открыло широкие возможности их применения в приборостроении и измерительной технике. Практически одно- временно с созданием волокон с малыми потерями появились работы по созданию волоконно-оптических датчи- ков (ВОД) физических величин, которые также развивались в Академии наук.



Эффект Фарадея

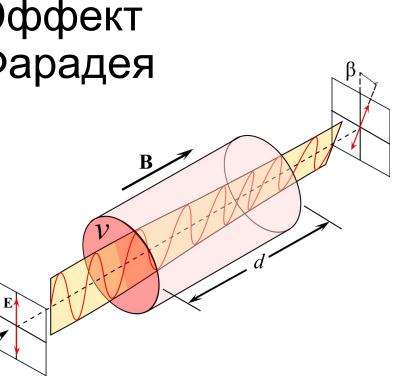
В 1845 году Майкл Фарадей обнаружил, что линейно поляризованный свет, распространяющийся вдоль постоянного магнитного поля в веществе, испытывает вращение плоскости поляризации. Это открытие стало первым доказательством прямой связи оптических и электромагнитных явлений. Сам Фарадей писал: "Мне удалось намагнитить и наэлектризовать луч света и осветить магнитную силовую линию".



Эффект Фарадея объясняется тем, что оптические свойства намагниченного вещества нельзя охарактеризовать одним показателем преломления n. Под действием магнитного поля показатели преломления n+ и n- для циркулярно право- и левополяризованного света становятся различными. Вследствие этого право- и левополяризованные составляющие линейно поляризованного света распространяются вдоль магнитного поля через вещество с разными фазовыми скоростями. Возникает разность их хода, линейно зависящая от длины пути. В результате плоскость поляризации монохроматического света с длиной волны [прошедшего в среде путь I, поворачивается на угол

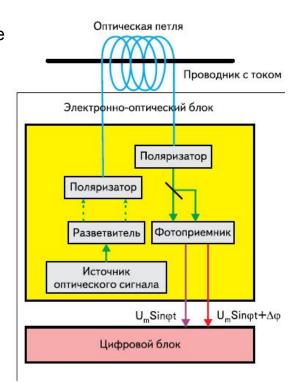
$\Delta \varphi = 4 V \times N \times I$

В слабых магнитных полях разность (n+-n-) линейно зависит от напряженности поля H и угол фарадеевского вращения описывается формулой θ = VHI, где V (постоянная Верде) зависит от длины световой волны, свойств вещества и его температуры.



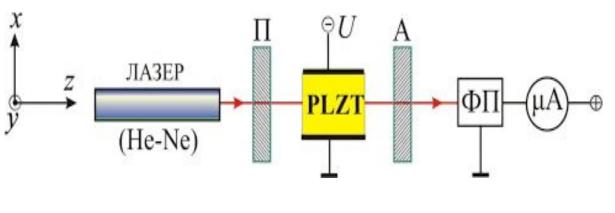
Оптические датчики тока

Известные волоконно-оптические датчики тока работают на принципе эффекта Фарадея. Ток, протекающий в проводе, индуцирует магнитное поле, которое через эффект Фарадея поворачивает плоскость поляризации излучения, распространяющегося в оптическом волокне, намотанном вокруг токонесущего провода. Пришедшие световые потоки преобразуются фотоприемником в два напряжения переменного тока с частотой $\omega = 2\pi C/\lambda$ (С — скорость света в оптоволокне, λ — длина волны оптического излучения). Полученные электрические сигналы поступают на ввод аналогоцифрового преобразователя электронного блока, преобразующего угол $\Delta \phi$ в цифру с дальнейшей обработкой в DSPпроцессоре. Цифровой блок оснащен высокоуровневыми и низкоуровневыми аналоговыми интерфейсами и дополнительным цифровым интерфейсом, поддерживающим стандарт IEC 61850, что открыло пути к созданию полностью цифровой системы защиты и измерения.



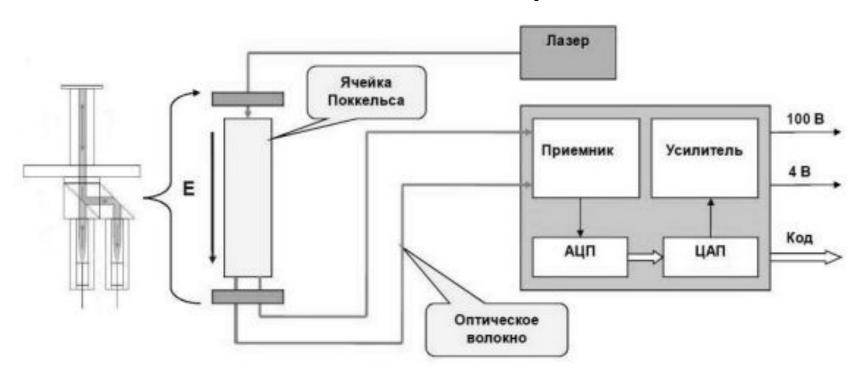
Фридрих Карл Альвин Поккельс. Эффект Поккельса

Фридрих Карл Альвин Поккельс (1865—1913) — немецкий физик. В 1893 Ф. Поккельс открыл, что постоянное электрическое поле, приложенное к определённым материалам, обладающим двойным лучепреломлением, вызывает изменение показателя преломления, приблизительно пропорционально силе приложенного поля. Коэффициент пропорциональности лежит в пределах от 10⁻¹⁰ до 10⁻¹² В⁻¹. Это явление называют эффектом Поккельса. Эффект Поккельса возникает только в кристаллах — ячейках Поккельса. Они представляют собой управляемые напряжением волновые пластины. Световое излучение поляризуется в первом поляроиде, попадает в ячейку Поккельса и у нас возникает поляризация не только вдоль оси, созданной первым поляроидом, но и вдоль оси перпендикулярной ей. Далее при помощи поляроида два "вырезаем" поляризацию и получившийся луч попадает на фотоприёмник.

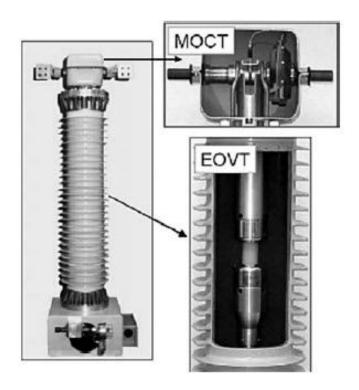




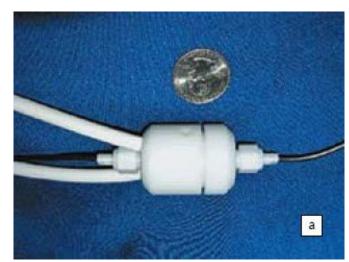
Оптические датчики напряжения







Область применения оптических датчиков тока и напряжения



Применение таких датчиков в металлургической и химической промышленности может существенно повысить эффективность производства и дать значительный экономический эффект. В производстве алюминия, меди, марганца, цинка, стали и хлора требуются огромные объемы электроэнергии. Компания Airak, Inc выпускает оптоволоконные датчики, отличающиеся наименьшими массо-габаритными показателями. Оптоволоконные датчики напряжения этой фирмы вместе с пятиметровыми выводами весят всего 170 г. Компактность и малый вес датчика тока фирмы Airak привлекает внимание разработчиков систем контроля и управления энергетическими системами на наземном, морском и воздушном транспорте. В США в рамках программы по модернизации морского флота разрабатываются так называемые «полностью электрические» (all-electric) корабли.

Первое такое судно должно быть сдано в эксплуатацию в 2011 г. Для обеспечения мониторинга и управления всеми системами корабля требуется около 10 000 электрических датчиков.

Преимущества и недостатки оптических датчиков тока и напряжения

Преимущества:

- Широкий динамический диапазон измерений (токов до сотен кА, напряжения до сотен кВ).
- Высокая линейность.
- Широкий частотный диапазон, позволяющий анализировать гармоники напряжения и тока непосредственно в высоковольтной цепи.
- Отсутствие влияния нагрузки вторичных цепей и потерь в них.
- Высокая устойчивость оптоволоконных информационных каналов к внешним электромагнитным помехам.
- Меньшие массо-габаритные показатели.
- Первичный оптический преобразователь может быть удален от блока электроники на 450–900 м и более.
- Продолжительность установки и ввода в эксплуатацию измеряется часами, а не днями.
- Простота системы
- Высокая точность (до 10-кратного уменьшения погрешности).
- Широкая полоса пропускания обеспечивает быструю реакцию на пульсации и нестационарные токи.
- Датчики обеспечивают измерение постоянных токов как в одном, так и в двух направлениях. Недостатками таких датчиков является низкий температурный диапазон и необходимость специальных терминалов, что ведет к дополнительному увеличению их стоимости

Сравнительные характеристики оптических датчиков тока и напряжений различных компаний

Разработкой оптических датчиков напряжения и тока занимается целый ряд компаний. Интерес к разработкам, исследованиям и внедрению этих датчиков проявляется и в России. Впервые в нашей стране оптические преобразователи были продемонстрированы компанией «ПроЛайн», являющейся эксклюзивным представителем компании NxtPhaseT&D Corporation, на выставке «Электрические сети России» в ноябре 2006 года. Уже в 2007 г. установлены и введены в эксплуатацию комбинированные оптические системы NXVCT220 на подстанции 220 кВ ОАО «РЖД». В апреле 2008 г. с применением оптического трансформатора NXCT-F3 в Сургуте создан опытный полигон для подтверждения его эксплутационных и метрологических характеристик. В декабре 2008 г. ОАО «ТГК1» с применением оптического трансформатора NXCT-F3 введена точка коммерческого учета. В 2006 г. в России создана компания ООО «Уникальные волоконные приборы», занимающаяся разработкой и изготовлением отечественных оптоволоконных трансформаторов тока и напряжения, которые, судя по публикуемым техническим характеристикам, не уступают лучшим зарубежным образцам.

Сравнительные характеристики оптических датчиков тока и напряжений различных компаний

Таблица 1. Сравнительные характеристики оптоволоконных датчиков тока различных компаний

Характеристика	NxtPhase	PowerSense	OptiSense	FieldMetrics	ABB	Airak	000 «УВП»
Номин. токи, кА	0,1-100	5-20	0,003-1	0,6-20	1-3,5	0,003-30	1-450
Класс точности, %	0,25	2	0,2	0,2	0,2	1	0,25
Рабочая частота, Гц	50/60	50/60	-	50/60	50/60	50/60	0-6000
Частотная полоса, Гц	0,01-6000	-	-	до 5000	0-10 000	5-5000	0-9000
Номин, напряжение, кВ	69-765	36	15, 20, 35	11-36	72,5-800	3,6-36	110-750
Масса, иг	49-95	-	9	5-15	50-186	0,028-0,57	от 40
Диагазон рабочих температур, "С	-50+60	-40+50	-40+75	-50+85	-5+40	-40+85	-50+60

Таблица 2. Сравнительные характеристики оптических датчиков напряжения различных компаний

Характеристика	NxtPhase	OptiSense	FieldMetrics	ABB	Airak	000 «УВП»
Номин. напряжение, кВ	121-550	35	138	115-550	0,003-5	110
Класс точности, %	0,2/3	0,2	0,3	0,2	1 (5)	0,1
Рабочая частога, Гц	10/3000		-	-	50/60	-
Частотная полоса, Гц	0,1-6000	-	5-5000	-	6-5000	-
Масса, кг	132-650	2,5	68	50-186	0,17	98
Диатазон рабочих температур, "С	-40+50	-40+50	-40+70	-5+40	0+50	-50+60

Итог

Как следует из предложенного обзора, класс оптических датчиков тока и напряжения может занять существенное место в системах мониторинга, контроля и управления в энергетике, металлургической, химической, судостроительной и оборонной промышленности. Компания ABB, Inc. в свою очередь уже считается одним из лидеров в разработке и оптоволоконных датчиков для высоковольтных электроэнергетических приложений.



Спасибо за внимание