



Оптические датчики тока и напряжения

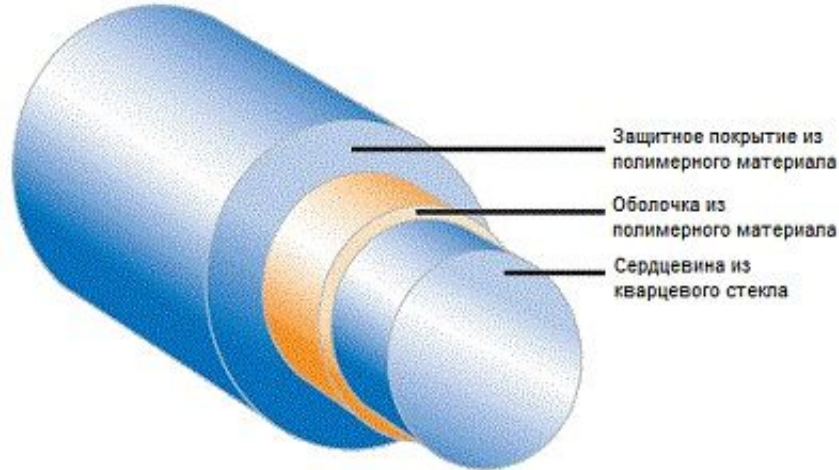
Студент: Карпенко Екатерина

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.



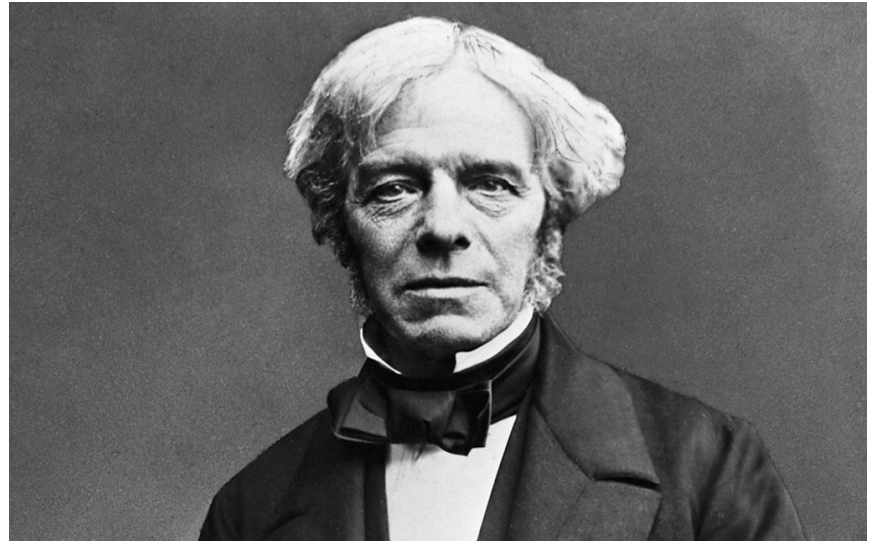
История создания

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 волоконно-оптических технологий открыло широкие возможности их применения в приборостроении и измерительной технике. Практически одновременно с созданием волокон с малыми потерями появились работы по созданию волоконно-оптических датчиков (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".

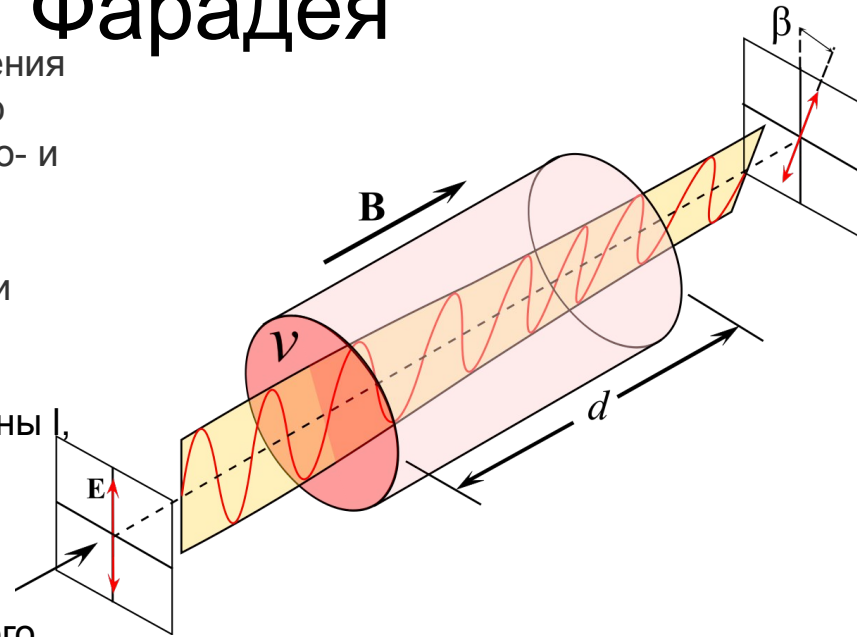


Эффект Фарадея

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 λ , прошедшего в среде путь l , поворачивается на угол

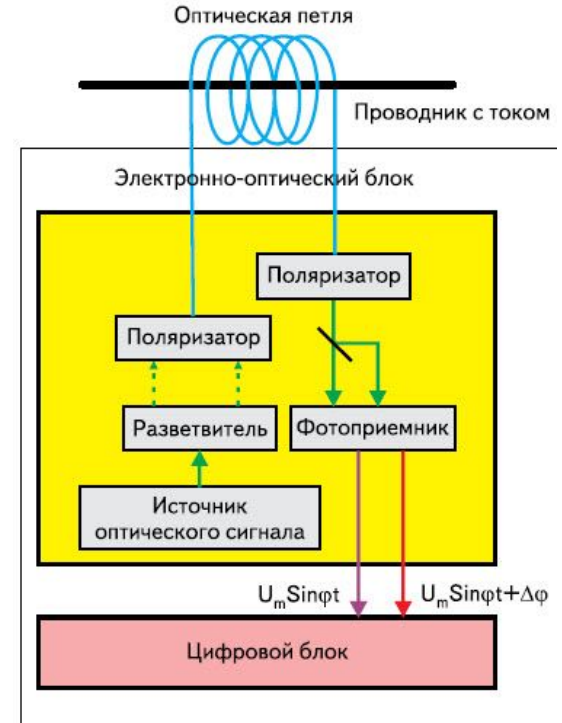
$$\Delta\varphi = 4V \times N \times l,$$

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



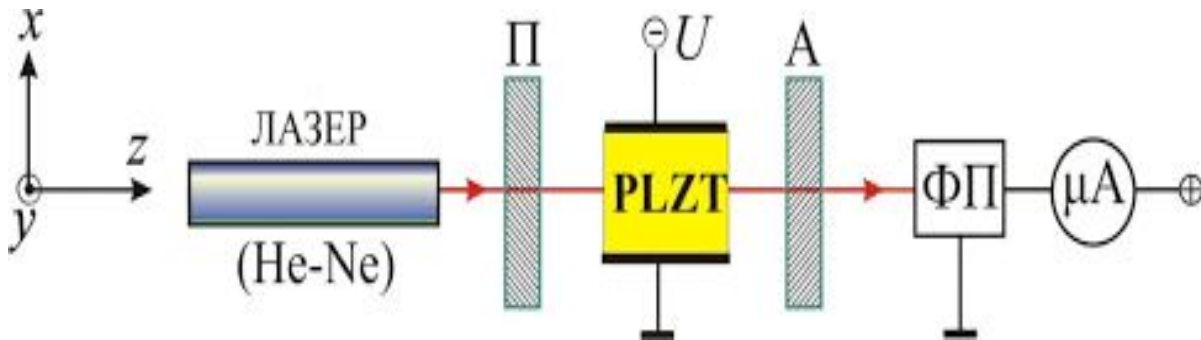
Оптические датчики тока

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 $\omega = 2\pi C/\lambda$ (C — 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 DSP-процессоре. 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.

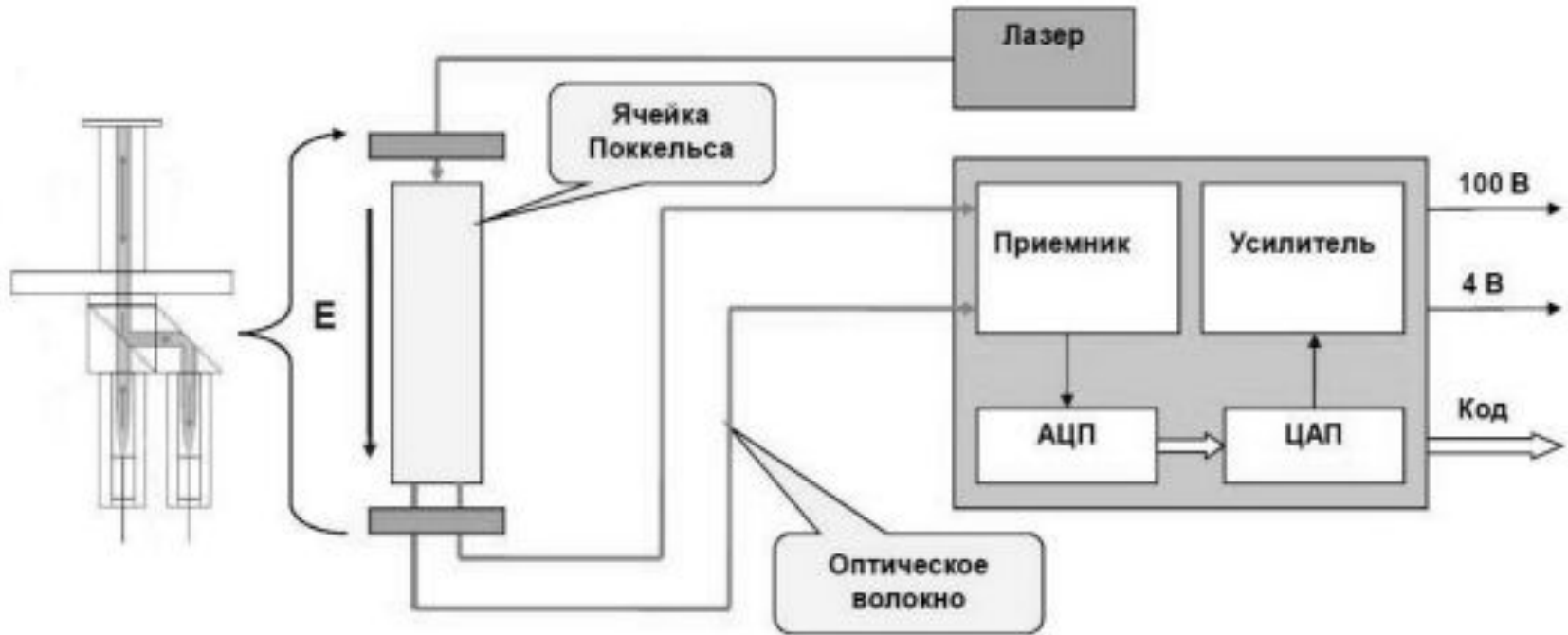


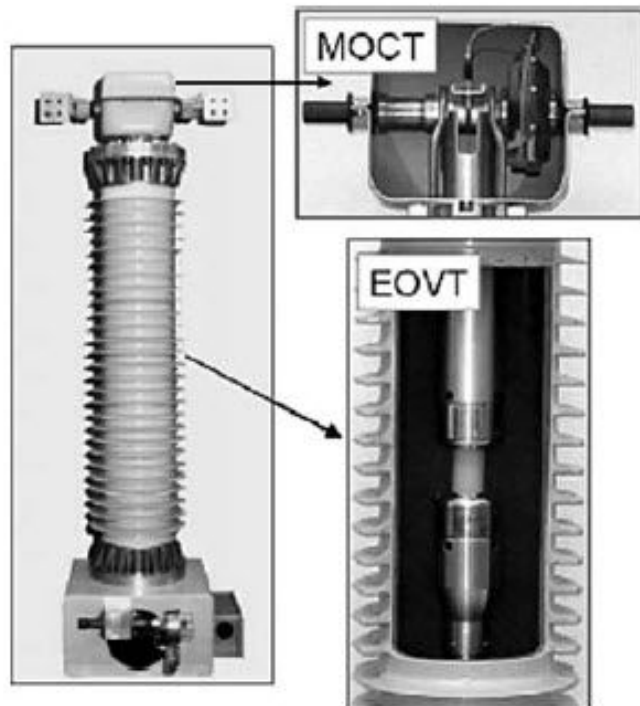
Фридрих Карл Альвин Поккельс. Эффект Поккельса

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.

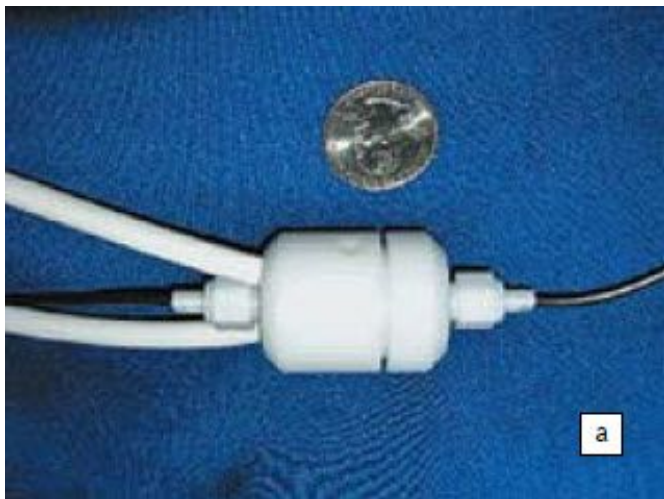


Оптические датчики напряжения





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 эксплуатационных 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	ООО «УВП»
Номинал тока, 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
Номинал напряжение, кВ	69–765	36	15, 20, 35	11–36	72,5–800	3,6–36	110–750
Масса, кг	49–95	–	9	5–15	50–186	0,028–0,57	от 40
Диапазон 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	ООО «УВП»
Номинал 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 частота, 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
Диапазон 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 АВВ, Inc. в свою очередь уже считается одним из лидеров в разработке и оптоволоконных датчиков для высоковольтных электроэнергетических приложений.



Спасибо за внимание