



УКРАЇНА

UA dt)34432 (iz)  
C2

(51} 7G01R15/07, G02B6/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І  
НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СИЛИ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

(21)93004648  
(22)12 07 1990  
(24) 15 03 2001  
(31)P 39238032  
(32)19 07 1989  
(33) DE  
(86) PCT/DE90/00530, 12 07 1990  
(46) 15 03 2001, Бюл № 2, 2001 р  
(72) Пайер Дірк (DE), Хірш Хольгер (DE)  
(73) ТРЕНЧ ГЕРМАНІ ГМБХ (DE)  
(56) Заявка ФРГ № 2261151 від 26 02 1976  
(57) Волоконно-оптическое устройство для измерения силы электрического тока в проводнике с использованием эффекта Фарадея, содержащее источник линейно-поляризованного света, первое устройство для разделения пучка света, оптическое волокно, которое охватывает проводник в ви-

де обмотки и имеет зеркальную концевую поверхность причем указанные элементы расположены последовательно друг за другом, второе устройство для разделения пучка света, которое расположено по ходу луча, последовательно отраженного от зеркальной концевой поверхности оптического волокна и от первого устройства для разделения пучка света, и два фотодетектора, установленных на выходах второго устройства для разделения пучка света, отличающееся тем, что между вторым устройством для разделения пучка света и каждым фотодетектором размещен поляризатор причем оптические оси поляризаторов повернуты симметрично друг другу относительно плоскости поляризации введенного в оптическое волокно света на угол, выбранный в пределах от 20° до 40°

Изобретение относится к волоконно-оптическим устройствам для измерения силы электрического тока в проводнике с использованием эффекта Фарадея

Такого рода устройства применяются, в частности, в высоковольтных установках, чтобы измерять токи в проводниках, находящихся под высоким потенциалом. Так как световоды выполнены из стекла, которое, как известно, является хорошим электрическим изолятором, нет никаких проблем в части изоляции соединенных с потенциалом земли индикаторов по отношению к находящимся под высоковольтным потенциалом проводникам ток в которых должен быть измерен и индицирован.

Из заявки ФРГ 22 61 151, кл G 01 R 15/07, 26 02 76 г известно устройство такого типа, которое является наиболее близким аналогом к изобретению по технической сущности.

В известном устройстве излучение от источника света через поляризатор направляется на полупрозрачную пластину. Оттуда поляризованный свет поступает в оптическое волокно, которое частично намотано в катушку, по оси которой проходит проводник, находящийся под высоким напряжением, в котором течет подлежащий измерению ток. Эта волоконная катушка имеет зеркальную поверхность на одном выходном торце

или там находится зеркало. Поляризованный свет проходит все оптическое волокно, причем внутри катушечной части волокна на основании эффекта Фарадея происходит вращение плоскости поляризации в зависимости от магнитного поля, которое наводит протекающий в проводнике ток. На конце катушки отражается световой луч и проходит еще раз катушку, причем возникает дальнейшее вращение плоскости поляризации. Повернутый в своей плоскости поляризации свет выходит из оптического волокна, пронизывает полупрозрачную пластину и поступает в блок оценки данных, устанавливающий и индицирующий угол между плоскостью поляризации света, входящего в оптическое волокно, и плоскостью поляризации света, выходящего из волокна, причем величина этого угла пропорциональна интегралу пути от магнитной напряженности поля.

Блок оценки данных выполнен из призмы анализатора, или, например, из призмы Волластона, которая выходящий свет расщепляет на два частичных световых пучка, плоскости поляризации которых стоят перпендикулярно друг к другу и интенсивности которых измеряются двумя фотодетекторами, фототоки которых тогда равны  $I = I_0 \cdot (1 + \sin 2\epsilon)$

и

CMCO

CO

o)

$I = I_0 \cdot (1 + \sin 2\theta)$  причем угол пропорционален в соответствии с  $B = VNI$

Число витков оптического волокна вокруг токопроводящего проводника -  $N$  Зависящая от материала постоянная пропорциональности задается

$V = 2,6 \cdot 10^6 / A$  Из двух цфототоков тогда получается

$$U_A - LzA \cdot \sin 2\theta = \sin 2\theta \cdot V \cdot N \cdot I, I, -I,$$

где выходной сигнал  $U_A$ , который зависит в синусоидальной форме от подлежащего измерению тока

Чтобы получать небольшие издержки на расчеты, которые должны производиться в истинном масштабе времени, выбирается такой датчик, чтобы зависящий от тока угол  $\theta$  был бы небольшим Тогда функция синуса может приближаться к линейной, потому что синус малого угла приблизительно равен этому углу

Кроме того, очень большие токи, например, токи короткого замыкания, которые вызывают вращение плоскости поляризации света, больше чем на  $45^\circ$  не могут быть детектированы описываемыми способами, потому что функция синуса обратима только внутри углового диапазона от  $-90^\circ$  до  $+90^\circ$  Поэтому, например в известном устройстве (з ФРГ 2541072) компенсирующей катушкой и регулировочной петлей вращение плоскости поляризации делается возвратным На основании неизбежного ограничения регулирующих величин тока выходного каскада динамика и ширина полосы пропускания очень малы Кроме того, высокий расход энергии этих выходных каскадов препятствует применению этой концепции

В основу изобретения положена задача создать такое волоконно-оптическое устройство для измерения силы электрического тока, которое путем размещения между вторым устройством для разделения пучка света и каждым фотодетектором поляризатора, причем оптические оси поляризаторов повернуты симметрично друг другу относительно плоскости поляризации введенного в оптическое волокно света на угол, выбранный в пределах от  $20^\circ$  до  $40^\circ$ , позволило бы определять без повышенной потребности в энергии расширенный диапазон значений тока

Эта задача решается в волоконно-оптическом устройстве для измерения силы тока в проводнике с использованием эффекта Фарадея, которое содержит источник линейнополяризованного света, первое устройство для разделения пучка света, оптическое волокно, которое охватывает проводник в виде обмотки и имеет зеркальную концевую поверхность, причем указанные элементы расположены последовательно друг за другом, второе устройство для разделения пучка света, которое расположено по ходу луча, последовательно отраженного от зеркальной концевой поверхности оптического волокна и от первого устройства для разделения пучка света, и два фотодетектора, установленных на выходах второго устройства для разделения пучка света, благодаря тому, что между вторым устройством для раз-

деления пучка света и каждым фотодетектором расположен поляризатор, э оптические оси поляризаторов симметрично повернуты друг к другу по отношению к плоскости поляризации введенного в оптическое волокно света на угол, выбранный в пределах от  $20$  до  $40$  градусов

Достигнутые с помощью изобретения преимущества состоят, в основном, в том, что линейное приближение выходного напряжения  $U_A$  справедливо для существенно больших значений углов поворота плоскости поляризации Следовательно, динамический диапазон оценки, в сравнении с оценкой в известных устройствах, будет увеличен За счет дополнительной обработки с применением ЭВМ, основанной на непосредственном использовании фототоков  $d$  и  $I_g$ , становится возможным определение поворота плоскости поляризации свыше  $45$  град

Изобретение поясняется на примере выполнения, иллюстрируемом чертежами, на которых представлено следующее

фиг 1 - схематическое представление примера выполнения устройства, соответствующего изобретению,

фиг 2 - функция выходного сигнала оценки устройства, соответствующего изобретению, в зависимости от угла поворота  $\theta$  плоскости поляризации

Волоконно-оптическое устройство согласно фиг 1 для измерения силы электрического тока состоит из оптического волокна 1, которое от своего первого конца 2, который находится на линзе 3, проходит к находящемуся под высоковольтным потенциалом проводнику 4, затем схватывает этот проводник 4 в виде обмотки 5 числом расположенных рядом друг с другом витков и снова возвращается назад в зону, близкую к линзе 3, где его конец 6 имеет зеркальную поверхность 7, которая выставлена под прямым углом к продольной оси волокна

Линза 3 вводит поступающий через устройство 8 деления пучка света, излучаемого лазером 9, поляризованный свет в один из концов 2 оптического волокна 1 Внутри выполненной в виде обмотки 5 части оптического волокна 1 световод прерывает магнитное поле, которое создается током, текущим по проводнику 4 На основании эффекта Фарадея плоскость поляризации направленного света во время прохода обмотки 5 и, тем самым, магнитного поля поворачивается, причем величина угла поворота представляет собой значение интеграла пути от интенсивности магнитного поля

После обмотки 3 свет поступает дальше по оптическому волокну до своего другого конца 6, где он отражается от зеркальной концевой поверхности 7, так что он снова проходит путь по оптическому волокну 1 и через магнитное поле в зоне обмотки 5 в противоположном направлении, причем плоскость поляризации вторично поворачивается, так что угол поворота плоскости поляризации при падении света на линзу 3 в целом удваивается по отношению угла поворота при падении света на зеркальную концевую поверхность 7.

Ввод и вывод света происходит через линзу 3. При выводе свет поступает из оптического во-

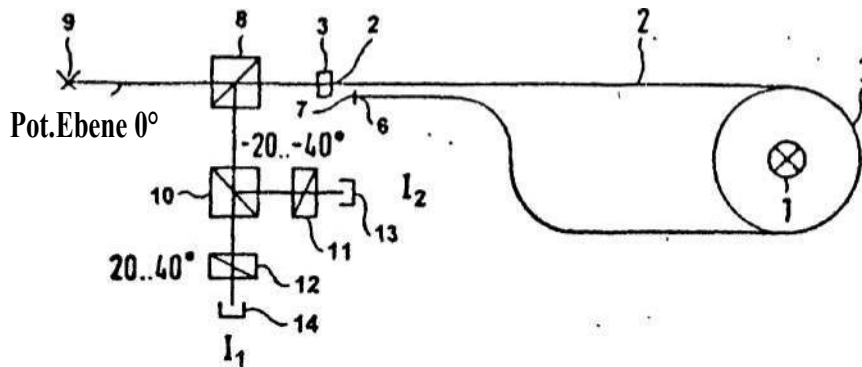
локна 1 через устройство 8 для разделения пучка к блоку оценки данных, состоящему из дополнительного устройства 10 деления пучка, из двух поляризаторов 11, 12 и из двух фотодетекторов 13, 14, в которых определяется угол поворота, который получила плоскость поляризации света при проходе по оптическому волокну 1 и который является мерой для силы текущего в проводнике 4 электрического тока.

Поляризаторы 11, 12 повернуты симметрично друг к другу по отношению к обычному углу  $45^\circ$ , а именно так, что угол между поляризаторами 11, 12 и плоскостью поляризации введенного в волокно 1 света лежит между  $+20^\circ$  и  $+40^\circ$  или между  $-20^\circ$  и  $-40^\circ$ . При этом угле поляризации фототоки равны

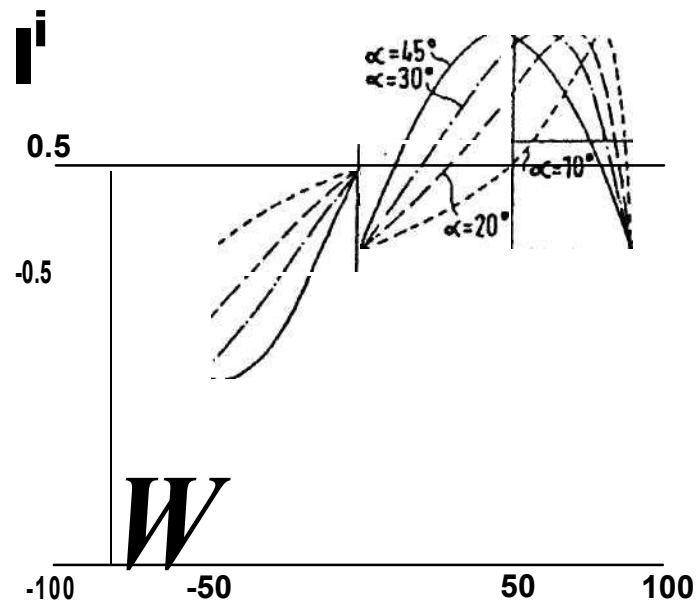
$$I_1 = I_0 \cdot (1 + \cos(29 + 2\alpha))$$

и

$$I_2 = I_0$$



Фиг. 1



Фиг. 2

Выходной сигнал  $U_A$  определяется вышеупомянутым образом из фототоков. Результат отражают кривые согласно фиг 2, представляющие выходной сигнал  $U_A$  в виде функции угла поворота 9 плоскости поляризации для различных угловых положений а поляризаторов 11, 12. Как можно видеть из фиг. 2, в значительной степени линеаризована зависимость выходного сигнала  $U_A$  от пропорционального подлежащему измерению току поворота 0 плоскости поляризации при углах а поляризаторов между  $20^\circ$  и  $40^\circ$ . Линейное приближение выходного сигнала  $U_A$  действительно для существенно больших значений поворота плоскости поляризации. Следовательно увеличена динамика по отношению к обычной оценке. Благодаря дополнительной опирающейся на работу ЭВМ оценке, которая непосредственно учитывает фототоки  $I_1$  и  $I_2$ , также еще возможно определение поворота плоскости поляризации свыше  $45^\circ$ .

