



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 940109

(61) Дополнительное к авт. свид-ву № 693315

(22) Заявлено 24.06.80 (21) 2945222/18-25

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 30.06.82. Бюллетень № 24

Дата опубликования описания 30.06.82

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

G 01 V 3/26

(53) УДК 550.  
.837(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

Э.И. Арш и В.С. Хандецкий

(71) Заявитель

Днепропетровский ордена Трудового Красного Знамени  
государственный университет им. 300-летия воссоединения  
Украины с Россией

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ  
ВОСПРИИМЧИВОСТИ И УДЕЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ  
СРЕДЫ

1  
Изобретение относится к измерениям магнитной восприимчивости сред и предназначено для выделения магнетитовых руд и определения в них содержания железа при опробовании скважин, стенок горных выработок, оценки качества рудной массы в навалах и вагонетках.

По основному авт. св. № 693315 известно устройство для измерения магнитной восприимчивости и удельной проводимости среды, содержащее источник синусоидального напряжения с целью автоматической регулировки усиления (АРУ), усилитель, по меньшей мере один синхронный выпрямитель с цепью опорного напряжения, регистратор, зонд, который имеет генераторную катушку с ферромагнитным сердечником, первичной и вторичной компенсационной обмотками, намотанными равномерно в пределах длины ферромагнитного сердечника, приемную катушку, трансформатор тока с первичной и вто-

2  
ричной компенсационной обмотками и балансирующую обмотку, причем первичные обмотки генераторной катушки и трансформатора тока соединены последовательно и подключены к источнику синусоидального напряжения, вторичные компенсационные обмотки включены последовательно и выполнены с соотношением витков, при котором отношение индуцируемых в них ЭДС равно отношению магнитных моментов ферромагнитного сердечника генераторной катушки и ее первичной обмотки, на генераторной катушке равномерно в пределах длины ферромагнитного сердечника и на трансформаторе тока размещено, по меньшей мере по одной управляющей обмотке, выполненной с тем же соотношением витков, что и у компенсационных обмоток, соединенных последовательно и подключенных к входам цепи автоматической регулировки усиления и цепи опорного напряжения, а балансирующая обмотка разме-

щена на генераторной катушке и подключена к резисторному делителю напряжения, выход которого соединен последовательно с приемной катушкой и вторичными компенсационными обмотками генераторной катушки и трансформатора тока.

К достоинствам указанного устройства следует отнести наличие цепи обратной связи, осуществляющей автоматическую регулировку усиления в источнике гармонического напряжения, что позволяет увеличить стабильность амплитуды напряжения генераторной катушки и, соответственно, снизить амплитудно-фазовую погрешность синхронных выпрямителей.

Однако так как управляющая обмотка и первичная обмотка генераторной катушки расположены на одном ферромагнитном сердечнике в пределах его длины, то изменение фазы напряжения на управляющей обмотке происходит не только за счет изменения фазы магнитного момента генераторной катушки под влиянием электропроводности среды, но и за счет внесенного в управляющую обмотку активного сопротивления под влиянием электропроводности. Кроме того, при изменении электромагнитных свойств среды, через которую замыкается поле сердечника, изменяется величина связи между первичной обмоткой генераторной катушки и управляющей обмоткой, что также приводит к дополнительным фазовым погрешностям. Наконец, из-за сильной связи первичной обмотки генераторной катушки с управляющей обмоткой изменение индуктивного и активного сопротивлений управляющей обмотки за счет внесенных сопротивлений сильно меняет фазу магнитного момента генераторной катушки, что также приводит к дополнительным фазовым погрешностям. Все эти составляющие фазовой погрешности особенно велики при контроле сред с большой электропроводностью. Фазовая погрешность может быть в значительной степени уменьшена, если скомпенсировать внесенные в первичную обмотку генераторной катушки и в управляющую обмотку активные сопротивления, связанные с влиянием электропроводности среды.

Цель изобретения - повышение точности измерений за счет компенса-

ции вносимых средой фазовых погрешностей.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство для измерения магнитной восприимчивости и удельной проводимости среды, содержащее источник синусоидального напряжения с целью автоматической регулировки усиления, усилитель, по меньшей мере один синхронный выпрямитель с цепью опорного напряжения, регистратор, зонд, который имеет генераторную катушку с ферромагнитным сердечником, первичной и вторичной компенсационной обмотками, намотанными равномерно в пределах длины ферромагнитного сердечника, приемную катушку, трансформатор тока с первичной и вторичной компенсационной обмотками и балансирующую обмотку, причем первичные обмотки генераторной катушки и трансформатора тока соединены последовательно и подключены к источнику синусоидального напряжения, вторичные компенсационные обмотки включены последовательно и выполнены с соотношением витков, при котором отношение индуцируемых в них ЭДС равно отношению магнитных моментов ферромагнитного сердечника генераторной катушки и ее первичной обмотки, на генераторной катушке равномерно в пределах длины ферромагнитного сердечника и на трансформаторе тока размещено по меньшей мере по одной управляющей обмотке, выполненной с тем же соотношением витков, что и у компенсационных обмоток, соединенных последовательно и подключенных к входам цепи автоматической регулировки усиления и цепи опорного напряжения, а балансирующая обмотка размещена на генераторной катушке и подключена к резисторному делителю напряжения, выход которого соединен последовательно с приемной катушкой и вторичными компенсационными обмотками генераторной катушки и трансформатора тока, введены автогенератор на полевом транзисторе, включающий два последовательно соединенных резистора и два последовательно соединенных конденсатора, и два управляемых резистора, выполненные на полевых транзисторах, причем сток полевого транзистора автогенератора подключен к точке соединения первичной обмотки генераторной катушки с источ-

ником синусоидального напряжения, последовательно соединенные резисторы подключены между истоком полевого транзистора автогенератора и общей шиной, последовательно соединенные конденсаторы подключены между стоком полевого транзистора автогенератора и общей шиной, точка соединения конденсаторов подключена к истоку полевого транзистора автогенератора, а точка соединения резисторов подключена к управляющим входам управляемых резисторов, соответственно подключенных параллельно первичной и вторичной компенсационной обмоткам генераторной катушки.

На фиг. 1 показана структурная схема устройства; на фиг. 2 - структурная электрическая схема зонда.

Устройство содержит источник 1 синусоидального напряжения с цепью 2 автоматической регулировки усиления, усилитель 3, синхронный выпрямитель 4, цепь 5 опорного напряжения, регистратор 6 и зонд 7, содержащий генераторную катушку, имеющую ферромагнитный сердечник 8 цилиндрической формы, первичную обмотку 9 и равномерно распределенные в пределах длины ферромагнитного сердечника вторичные управляющую 10, компенсационную 11 и балансирующую 12 обмотки, приемную катушку с обмоткой 13, трансформатор тока, имеющий магнитопровод 14, первичную обмотку 15 и вторичные управляющую 16 и компенсационную 17 обмотки, резисторный делитель из сопротивлений 18 и 19, соединительные провода 20-25, автогенератор на полевом транзисторе 26, два конденсатора 27 и 28, два резистора 29 и 30 и два управляемых резистора 31 и 32, выполненных на полевых транзисторах.

Первичная обмотка 9 генераторной катушки соединена последовательно с первичной обмоткой 15 трансформатора тока, образуя генераторную цепь. Вторичные обмотки 10 и 16 соединены последовательно и образуют управляющую цепь. Компенсационные обмотки 11 и 17 включены последовательно и встречно с обмоткой 13 приемной катушки. Балансирующая обмотка 12 генераторной катушки соединена резисторным делителем на сопротивлениях 18 и 19. Соединительными проводами 20 и 21 генераторная цепь соединена

с выходом источника 1 синусоидального напряжения, проводами 22 и 23 управляющая цепь соединена со входами цепи 2 АРУ и цепи 5 опорного напряжения, проводами 24 и 25 приемная цепь соединена с усилителем 3. Сток полевого транзистора 26 автогенератора подключен к точке соединения первичной обмотки 9 генераторной катушки с источником 1 синусоидального напряжения. Исток транзистора 26 через два последовательно включенных резистора 29 и 30 соединен с общей шиной, а его затвор - непосредственно с общей шиной. Последовательно соединенные конденсаторы 27 и 28 включены между стоком и общей шиной, а точка их соединения с истоком полевого транзистора 26 автогенератора совместно с обмотками 9 и 15 генераторной цепи, полевым транзистором 26 и резисторами 29 и 30 образуют одноконтурный автогенератор гармонических колебаний, работающий в недонапряженном режиме. Управляемый резистор 31 подключен параллельно первичной обмотке 9 генераторной катушки, а управляемый резистор 32 подключен параллельно управляющей обмотке 10, размещенной на генераторной катушке. Управляющие электроды управляемых резисторов 31 и 32 подключены к точке соединения резисторов 29 и 30 в истоковой цепи полевого транзистора 26 автогенератора.

Устройство работает следующим образом.

При включении источника 1 синусоидального напряжения токовое поле первичной обмотки 9 генераторной катушки и вторичное поле окружающей среды совместно намагничивают сердечник 8. Магнитный момент генераторной катушки при этом складывается из магнитного момента ферромагнитного сердечника 8 и магнитного момента первичной обмотки 9. Магнитный момент  $M$  определяет первичное поле, которое непосредственно действует на приемную катушку, а также намагничивает среду и индуцирует в ней вихревые токи, порождая тем самым вторичное поле среды. Вторичное поле среды, зависящее от величины магнитной восприимчивости  $\mu$  и электропроводности  $\sigma$  среды, воздействует на приемную обмотку 13, создавая полезный сигнал, на генераторную обмотку 9, изменяя

амплитуду и фазу магнитного момента, на управляющую обмотку 10, изменяя фазу передаваемого напряжения генераторной обмотки 9, за счет внесенного в обмотку 10 активного сопротивления, а также на ферромагнитный сердечник 8, изменяя величину связи между генераторной 9 и управляющей 10 обмотками. Управляющее напряжение с последовательно включенных обмоток 10 и 16 по проводам 22 и 23 поступает на вход цепи 2 АРУ, благодаря которой в пределах заданной точности поддерживается неизменной амплитуда этого напряжения путем компенсирующего изменения на проводах 20 и 21 напряжения источника 1. Одновременно стабилизируется амплитуда магнитного момента, сохраняя свое значение, существовавшее в воздухе. В то же время под влиянием электропроводности среды в генераторную обмотку 9 вносится активное сопротивление, уменьшающее добротность контура источника синусоидального напряжения, содержащего обмотку 9, и изменяющее фазу магнитного момента генераторной катушки. Уменьшение добротности контура автогенератора на полевом транзисторе 26, работающего в недонапряженном режиме, вызывает уменьшение истокового тока и, соответственно, уменьшение напряжения на управляющих электродах управляемых резисторов 31 и 32. При этом управляемые резисторы 31 и 32 увеличивают свое сопротивление и тем самым уменьшают шунтирующее действие на обмотки 9 и 10, компенсируя в значительной степени внесенные в обмотки 9 и 10 активные сопротивления. В качестве управляемых резисторов 31 и 32 использованы МДП транзисторы со встроенным каналом n-типа. Таким образом обеспечивается компенсация значительной части паразитных фазовых сдвигов в устройстве. Управляющее напряжение по проводам 22 и 23 поступает на вход цепи 5 опорного напряжения. В итоге происходит автоматическая подстройка фазы опорного напряжения на синхронном выпрямителе 4.

При высокоточных измерениях ЭДС, индуцируемая непосредственно моментом в обмотке 13 приемной катушки, компенсируется. Однако в присутствии среды величина ЭДС изменяется по амплитуде

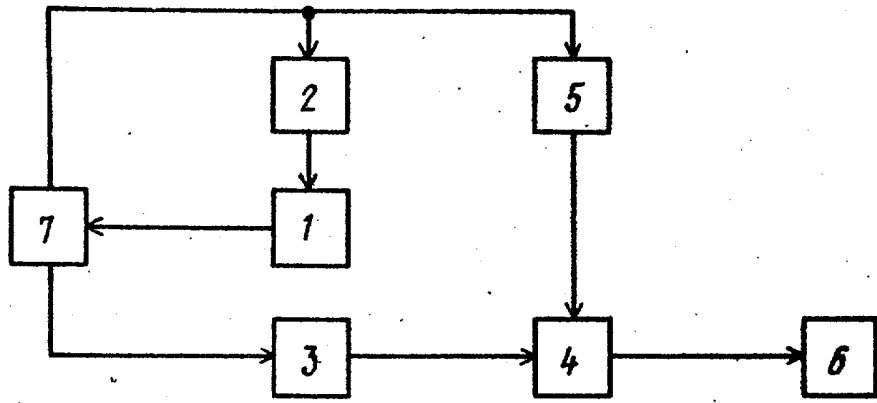
и фазе в пределах точности стабилизации магнитного момента. Для предотвращения этих изменений ЭДС компенсируется напряжением, поступающим в приемную цепь с обмоток 11 и 17 и пропорциональным величине магнитного момента. Настройка цепи компенсации производится выбором числа витков обмоток 11 и 17. Точная компенсация осуществляется с помощью балансирующей обмотки 12 путем подбора сопротивлений резисторов 18 и 19.

Предлагаемое устройство позволяет более точно определять содержание железа в магнетитовых рудах за счет более полной коррекции влияния электропроводности руды. Устройство может быть использовано на месторождениях слабомагнитных железных руд, например сидеритовых, ильменитов.

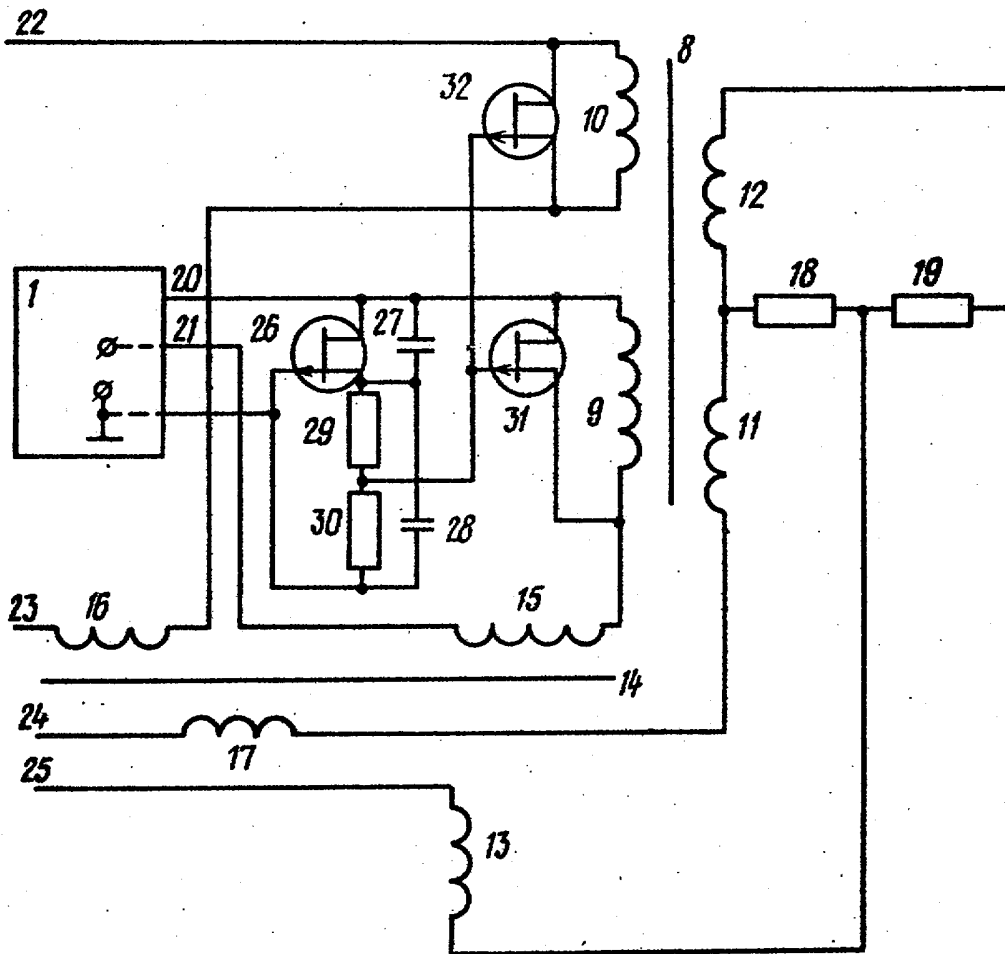
#### Формула изобретения

Устройство для измерения магнитной восприимчивости и удельной проводимости среды по авт. св. № 693315, отличающееся тем, что, с целью повышения точности измерений за счет компенсации вносимых средой фазовых погрешностей, в него введены автогенератор на полевом транзисторе, включающий два последовательно соединенных резистора и два последовательно соединенных конденсатора, и два управляемых резистора, выполненные на полевых транзисторах, причем сток полевого транзистора автогенератора подключен к точке соединения первичной обмотки генераторной катушки с источником синусоидального напряжения, последовательно соединенные резисторы подключены между истоком полевого транзистора автогенератора и общей шиной, последовательно соединенные конденсаторы подключены между стоком полевого транзистора автогенератора и общей шиной, точка соединения конденсаторов подключена к истоку полевого транзистора автогенератора, а точка соединения резисторов подключена к управляющим входам управляемых резисторов, соответственно подключенных параллельно первичной и вторичной компенсационной обмоткам генераторной катушки.

940109



Фиг. 1



Фиг. 2

Составитель В. Майоршин

Редактор Н. Чубелко    Техред К. Мыцьо    Корректор Ю. Макаренко

Заказ 4662/68

Тираж 717

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4