

Закрытое акционерное общество
Научно-производственное предприятие геофизической аппаратуры
ЛУЧ

Утвержден
ЛУЧ 20.00.00.00 РЭ-ЛУ



НАБОР МЕР ИМПЕДАНСА ИМ-1

Руководство по эксплуатации
ЛУЧ 20.00.00.00 РЭ

Новосибирск 2005

СОДЕРЖАНИЕ

1. Требования безопасности	3
2. Описание набора ИМ-1 и принципов его работы	3
3. Подготовка набора ИМ-1 к работе	6
4. Порядок работы	7
5. Поверка	8
6. Техническое обслуживание	11
7. Текущий ремонт	12
8. Хранение	12
9. Транспортирование	12
10. Тара и упаковка	13
11. Маркирование и пломбирование	13
Приложения: А. Зависимость разности фаз от параметров меры импеданса	14
Б. Перечень элементов	15

1. Требования безопасности

При эксплуатации набора мер импеданса ИМ-1 не требуется применять специальные меры безопасности.

2. Описание набора мер импеданса ИМ-1 и принципов его работы

2.1 Назначение

2.1.1 Набор мер импеданса ИМ-1 (далее - набор ИМ-1) предназначен для калибровки аппаратуры высокочастотного индукционного каротажного изопараметрического зондирования ВИКИЗ, аппаратуры высокочастотного электромагнитного каротажного зондирования ВЭМКЗ и их модификаций (далее - аппаратура) в метрологических службах.

2.1.2 Меры набора ИМ-1 относятся к невосстанавливаемым изделиям.

2.1.3 Набор ИМ-1 соответствует требованиям технических условий ЛУЧ 20.00.00.00 ТУ.

2.1.4 Рабочие (нормальные) условия применения:

температура окружающего воздуха, °С20±5
 относительная влажность окружающего воздуха, %30-80
 атмосферное давление, кПа84-106,7
 (мм рт. ст.).....(630-800)

внешние электрические и магнитные поля, влияющие на работу мер набора ИМ-1, отсутствуют.

2.2 Условия окружающей среды

2.2.1 Предельные условия транспортирования набора ИМ-1:

температура окружающего воздуха, °Сминус 30 плюс 50
 относительная влажность окружающего воздуха, %30-80
 атмосферное давление, кПа84-106,7
 (мм рт. ст.)(630-800)

2.2.2 Условия хранения набора ИМ-1:

температура окружающего воздуха, °С5-40
 относительная влажность окружающего воздуха не более 80% при температуре 25 °С

атмосферное давление, кПа84-106,7
 (мм рт. ст.)(630-800)

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионных агентов:

сернистого газа – 20 мг/м² в сутки (0,025 мг/м³),
 хлоридов – 0.3 мг/м² в сутки.

2.3 Состав набора ИМ-1

Состав набора ИМ-1 приведен в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение	Наименование	Кол-во
ЛУЧ 20.01.00.00	Диск ИМ-1-0,5	1
ЛУЧ 20.01.00.00-01	Диск ИМ-1-0,7	1
ЛУЧ 20.01.00.00-02	Диск ИМ-1-1,0	1

ЛУЧ 20.01.00.00-03	Диск ИМ-1-1,4	1
ЛУЧ 20.01.00.00-04	Диск ИМ-1-2,0	1
ЛУЧ 20.00.00.01	Втулка резьбовая	1
ЛУЧ 20.00.00.02	Фланец	1
ЛУЧ 20.00.00.03	Болт	3
ЛУЧ 20.00.00.03-01	Болт	6
ЛУЧ 20.00.00.04	Втулка	1
ЛУЧ 20.05.00.00	Тара	1
ГОСТ 2839-62	Ключ 17 - 19	1
ЛУЧ 20.00.00.00 РЭ	Руководство по эксплуатации	1
ЛУЧ 20.00.00.00 ФО	Формуляр	1
-	Свидетельство о поверке	1

Примечание: Состав тары: укладочный ящик, прокладки (3 шт) шайба.

2.4 Технические характеристики

2.4.1 Номинальные значения рабочих частот набора ИМ-1: 0,875; 1,75; 3,5; 7; 14 МГц.

2.4.2 Допускаемые отклонения действительных значений рабочих частот от номинальных не должны превышать $\pm 0,025\%$.

2.4.3 Номинальные значения активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 на рабочих частотах приведены в таблице 2.

Таблица 2

Мера импеданса	Рабочая частота, МГц	Номинальные значения сопротивлений, Ом	
		активного	реактивного
ИМ-1-0,5	14	10,1	15,6
ИМ-1-0,7	7	7,07	9,41
ИМ-1-1,0	3,5	4,19	6,43
ИМ-1-1,4	1,75	3,44	3,57
ИМ-1-2,0	0,875	1,30	1,19

2.4.4 Допускаемые отклонения действительных значений активного и реактивного сопротивлений от номинальных значений не превышают 20 % от номинальных значений.

2.4.5 Предел допускаемой относительной погрешности действительных значений активного и реактивного сопротивлений не превышает значения $\pm 1,4\%$.

2.4.6 Относительная нестабильность активного и реактивного сопротивлений за год не превышает 0,7 предела допускаемой относительной погрешности действительных значений активного и реактивного сопротивлений.

2.4.7 Средняя наработка до отказа не менее 2000 ч.

2.4.8 Средний срок службы набора ИМ-1 не менее 6 лет.

2.4.9 Габаритные размеры мер набора ИМ-1 в сборе не более $\varnothing 560 \times 350$ мм.

2.4.10 Габаритные размеры тары для набора ИМ-1 не более $750 \times 620 \times 170$ мм.

2.4.11 Масса набора ИМ-1 не более 8 кг.

2.4.12 Масса набора ИМ-1 в таре не более 20 кг.

2.5 Устройство и работа набора ИМ-1

2.5.1 Принцип действия набора ИМ-1

Принцип действия набора ИМ-1 основан на взаимодействии последовательной электрической цепи меры, состоящей из индуктивности L, емкости C и сопротивления R,

с электромагнитным полем зонда аппаратуры. Упрощенная схема меры и индукционных катушек одного из зондов приведена на рисунке 1.

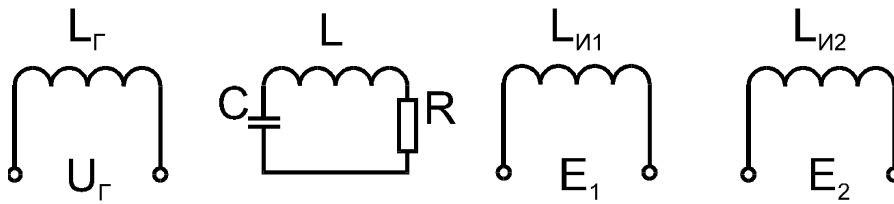


Рисунок 1

Меру помещают между генераторной L_{Γ} и измерительными $L_{и1}$ и $L_{и2}$ индукционными катушками зонда аппаратуры для создания разности фаз между э.д.с. E_1 и E_2 , наведенными в измерительных катушках.

Значение разности фаз зависит от расстояний между катушками зонда аппаратуры (L_1 , L_2) и его рабочей частоты f , а также от параметров меры (L , C , R , b) и ее положения на оси зонда и определяется расчетным путем (приложение А).

2.5.2 Конструкция набора ИМ-1

Набор ИМ-1 содержит 5 мер, принципиальная электрическая схема которых приведена на рисунке 2. Перечень элементов к схеме приведен в приложении Б.

Схема каждой меры представляет собой последовательную электрическую цепь, образованную индуктивностью кольца L_n , активным сопротивлением провода кольца R_n и емкостью конденсатора C_n . Для обеспечения поверки мер набора ИМ-1 в их конструкции предусмотрен измерительный разъем с короткозамыкателем. При поверке мер короткозамыкатель с них снимается. Конструкция набора ИМ-1 показана на рисунке 3.

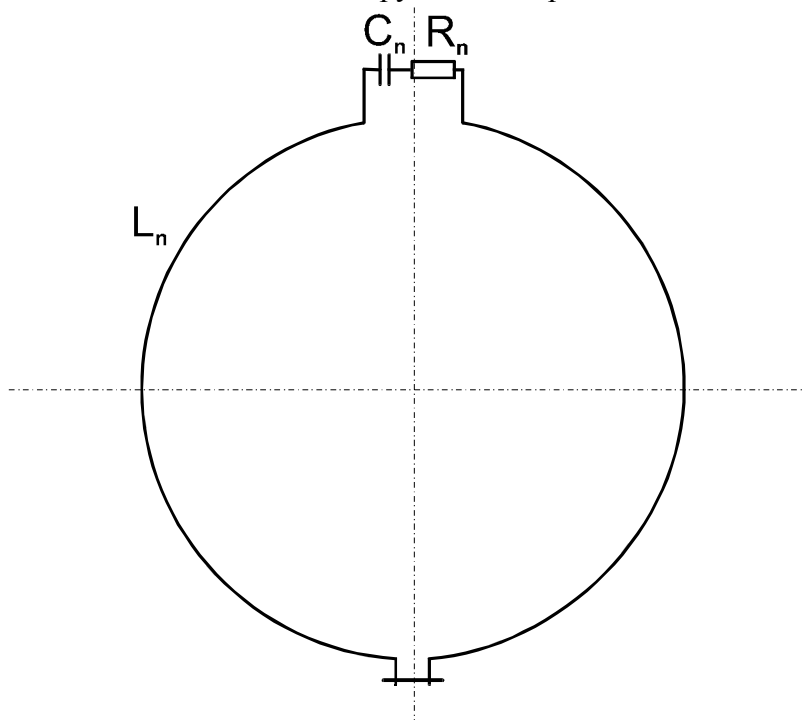


Рисунок 2

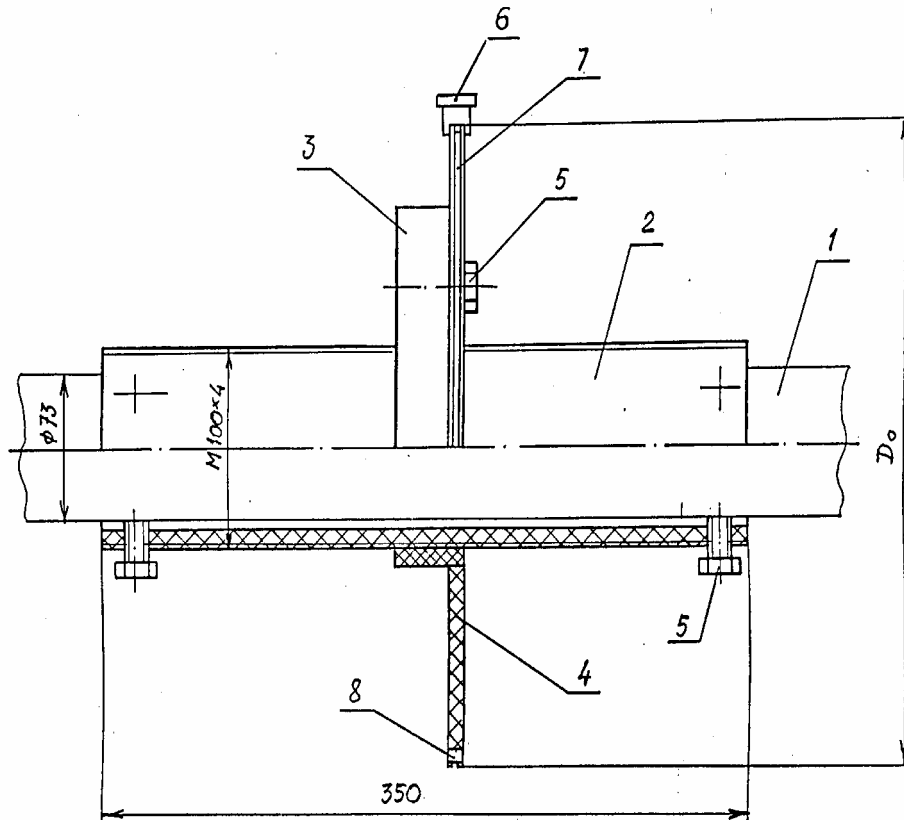


Рисунок 3

Мера образована кольцом 7, выполненным из манганинового провода и закрепленным на изоляционном диске 4. Кольцо имеет два разрыва. В одном расположен конденсатор 8, в другом - измерительный разъем 6. При помощи болтов 5 диск с кольцом соединяют с фланцем 3, который с помощью резьбы укреплен на втулке 2. Шаг резьбы – 4 мм. В свою очередь втулка резьбовая 2 при помощи болтов 5 крепится на корпусе аппаратуры 1. Для точной установки меры вдоль оси зонда производят вращение диска 4, вследствие чего фланец 3 (и, следовательно, диск 4 с закрепленным на нем кольцом 7) будет перемещаться по резьбе вдоль закрепленной на корпусе втулки 2.

Все детали набора ИМ-1, за исключением провода кольца и измерительного разъема, выполнены из электроизоляционных материалов для исключения искажений электромагнитного поля системы зонд - мера.

3. Подготовка набора ИМ-1 к работе

3.1 Эксплуатационные ограничения

3.1.1 При эксплуатации набора ИМ-1 следует оберегать меры, втулку резьбовую, фланец от ударов, воздействия паров кислот и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

3.1.2 ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЗАКРЕПЛЯТЬ ВТУЛКУ РЕЗЬБОВУЮ НА КОРПУСЕ АППАРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ КЛЮЧА.

3.2 Распаковывание и повторное упаковывание

3.2.1 Открыть укладочный ящик.

3.2.2 Ключом 17 - 19, входящим в комплект поставки, открутить болт, фиксирующий меры внутри укладочного ящика.

3.2.3 Вынуть из укладочного ящика меры, втулку резьбовую, фланец, болты.

3.2.4 Произвести внешний осмотр набора ИМ-1.

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности набора ИМ-1 требованиям таблицы 1;
 - соответствие маркировки набора ИМ-1 требованиям раздела 10, маркировка должна быть нанесена четко;
 - отсутствие механических повреждений на измерительных разъемах и поверхностях дисков мер набора ИМ-1;
 - плавность вращения резьбовых соединений фланец-втулка резьбовая, болт-фланец, болт-втулка резьбовая, колпачек-корпус разъема.
- 3.2.5 Повторное упаковывание произвести в обратном порядке.

3.3 Порядок сборки и разборки

3.3.1. Навернуть фланец на втулку резьбовую примерно до середины ее длины.

3.3.2. Для проверки прибора в корпусе $\varnothing 73$ мм необходимо внутрь втулки резьбовой вставить втулку.

3.3.3. Ввернуть шесть болтов во втулку резьбовую.

3.3.4. Выбрать меру, соответствующую одному из зондов аппаратуры, и закрепить ее на фланце тремя болтами.

3.3.5. Разборку произвести в обратном порядке.

3.3.6. Занести в формуляр дату ввода в эксплуатацию набора ИМ-1.

4. Порядок работы

4.1. Если до начала работы набор ИМ-1 находился в климатических условиях, отличающихся от рабочих, указанных в п.2.1.5, следует набор ИМ-1 выдержать в рабочих условиях применения в течение 3 ч.

4.2. При работе с набором ИМ-1 используют ключ 17 – 19, входящий в комплект поставки. Допускается использование любого другого ключа с размером 19 мм. Ключ используют для закрепления мер на фланце и их последующего снятия, а также для снятия втулки с корпуса аппаратуры.

4.3. При работе с набором ИМ-1 следует соблюдать следующий порядок действий:

- а) выполнить операции по п.п. 3.2.1, 3.2.2, 3.3.3, 3.3.4;
- б) надеть втулку резьбовую на корпус аппаратуры и установить ее в положение, соответствующее выбранному зонду аппаратуры, согласно инструкции по калибровке аппаратуры;
- в) закрепить втулку резьбовую на корпусе аппаратуры с помощью шести болтов, добиваясь, по возможности, соосного положения втулки и корпуса аппаратуры;
- г) вращая меру, установить ее в ряд последовательных положений в соответствии с инструкцией по калибровке аппаратуры;
- д) зафиксировать показание аппаратуры для каждого положения меры;

4.4. Повторить операции по п. 4.3 для других зондов аппаратуры;

4.5. Снять втулку резьбовую с корпуса аппаратуры, разобрать набор ИМ-1 и упаковать его.

5. Поверка

5.1 Общие положения

5.1.1. Набор ИМ-1 подлежит первичной и периодической поверкам.

Периодичность поверки набора ИМ-1 один раз в год.

5.1.2. Поверка набора ИМ-1 осуществляется Сибирским государственным ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским институтом метрологии (ФГУП СНИИМ, г. Новосибирск).

5.2 Операции и средства поверки

5.2.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 3.

5.2.2. Средства поверки должны иметь действующие документы об их поверке.

5.2.3 Допускается применение других средств поверки, вновь разработанных или находящихся в применении, прошедших поверку в органах государственной метрологической службы и обеспечивающих определение метрологических характеристик мер набора ИМ-1 с требуемой точностью.

Таблица 3

Наименование операции	Номер пункта руководства по эксплуатации	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	5.5.1	нет	да	да
Определение действительных значений активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1	5.5.2	Эталонная установка МСР-1372, разработка ФГУП СНИИМ, В диапазоне частот от 0,1 до 15 мГц погрешность измерения активного и реактивного сопротивлений от 1 до 20 Ом $\pm 0,45\%$	да	да
Определение отклонения действительных значений активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 от номинальных значений	5.5.3	нет	да	нет
Определение нестабильности активного и реактивного сопротивлений мер	6.5.4	нет	нет	да

набора ИМ-1				
-------------	--	--	--	--

5.2.4 Соотношение пределов допускаемых значений погрешностей между средством поверки и поверяемыми мерами набора ИМ-1 должно быть не более 1/3.

5.3 Требования к квалификации поверителей

5.3.1 К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускают инженеров-метрологов, имеющих опыт работы в области электрических измерений не менее одного года.

5.3.2 Для проведения поверки набора ИМ-1 поверителю необходимо изучить настоящее руководство по эксплуатации и эксплуатационную документацию на средства поверки, указанные в таблице 3.

5.4 Условия поверки и подготовка к ней

5.4.1 Поверку набора ИМ-1 проводят при следующих значениях внешних воздействующих факторов:

- температура окружающего воздуха(20±0,5) °С;
- относительная влажность от30 до 80 %;
- атмосферное давление(84-106,7) кПа
.....(630-800) мм. рт. ст.
- внешние электрические и магнитные поля, влияющие на работу мер набора ИМ-1, отсутствуют;
- вибрация и тряска, влияющие на работу мер набора ИМ-1, отсутствуют.
- на расстоянии 1 м от меры набора ИМ-1 не должно быть массивных металлических предметов (с площадью поверхности более 0,1 м²).

5.4.2 За два часа до проведения поверки набор ИМ-1 должен быть подготовлен к работе в согласно п.п. 3.2.1; 3.2.2; 3.2.3, а измерительные разъемы мер набора ИМ-1 должны быть протерты хлопчатобумажной тканью, смоченной техническим спиртом.

5.4.3. Набор ИМ-1 и средства поверки должны быть выдержаны в помещении, где проводят поверку, в условиях, указанных в п. 5.4.1, не менее трех часов.

5.4.4. Средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

5.5 Проведение поверки

5.5.1 Внешний осмотр

5.5.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- а) соответствие комплектности набора ИМ-1 требованиям таблицы 1;
примечание – набор ИМ-1 должен быть представлен на поверку с руководством по эксплуатации для набора ИМ-1, выпущенного после ремонта, или со свидетельством о предыдущей поверке и руководством по эксплуатации для остальных наборов ИМ-1;
- б) соответствие маркировки набора ИМ-1 требованиям раздела 11, маркировка должна быть нанесена четко;
- в) отсутствие механических повреждений на измерительных разъемах и поверхностях дисков мер набора ИМ-1;
- г) плавность вращения резьбовых соединений фланец-штулка резьбовая, болт-фланец, болт-штулка резьбовая, колпачек-корпус разъема.

При отрицательных результатах внешнего осмотра набор ИМ-1 дальнейшей поверке не подлежит и направляется на устранение обнаруженных дефектов.

По результатам внешнего осмотра набора ИМ-1 делается запись в протоколе поверки.

5.5.2 Определение действительных значений активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1

5.5.2.1 Определение действительных значений активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 на рабочих частотах проводят при помощи эталонной установки MCR-1372 (далее – установка) согласно нормативно-технической документации на эту установку в следующей последовательности:

а) при подключении поверяемой меры набора ИМ-1 к установке следует выполнить следующие операции:

- установить втулку резьбовую (см. таблицу 1) на стол, входящий в комплектность установки,

- навинтить фланец (см. таблицу 1) на втулку резьбовую,

- закрепить поверяемую меру набора ИМ-1 на фланце тремя болтами (см. таблицу 1),

- снять с измерительного зажима поверяемой меры короткозамыкатель,

- регулируя перемещение фланца на втулке, совместить измерительный разъем поверяемой меры с измерительным разъемом установки.

б) с помощью установки MCR-1372 измерить емкость C и активную проводимость g меры импеданса ИМ-1-0,5 по параллельной схеме замещения при номинальном значении рабочей частоты;

в) отключить поверяемую меру от измерительного разъема установки;

г) вычислить значения активного R и реактивного X сопротивлений меры набора ИМ-1 ИМ-1-0,5, Ом, по формулам:

$$R = \frac{g}{g^2 + (\omega C)^2}; \quad X = \frac{-\omega C}{g^2 + (\omega C)^2}; \quad (1)$$

где $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$;

f - рабочая частота, Гц;

g – активная проводимость, См;

C - емкость, Ф.

Рассчитанные по формулам (1) значения R и X записать в протокол поверки.

д) выполнить операции п. 5.5.2.1 для остальных мер набора ИМ-1 (п.2.3).

Рассчитанные по формулам (1) значения R и X мер набора ИМ-1 записать в протокол поверки.

5.5.3 Определение относительного отклонения действительных значений активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 от номинальных значений

5.5.3.1 Вычислить относительные отклонения действительных значений активного δR и реактивного δX сопротивлений мер набора ИМ-1 от номинальных значений по формулам:

$$\delta R = (R_{\text{дейст}} - R_{\text{ном}}) \cdot 100\% / R_{\text{ном}}; \quad \delta X = (X_{\text{дейст}} - X_{\text{ном}}) \cdot 100\% / X_{\text{ном}}; \quad (2)$$

где $R_{\text{дейст}}$ и $X_{\text{дейст}}$ - действительные значения активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1, определенные согласно п.5.5.2;

$R_{\text{ном}}$ и $X_{\text{ном}}$ - номинальные значения активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1, указанные в таблице 2.

Рассчитанные по формулам (2) относительные отклонения действительных значений активного и реактивного сопротивлений мер от номинальных записать в протокол поверки.

Набор ИМ-1 считается прошедшим поверку, если относительные отклонения действительных значений активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 от номинальных значений не превышают 20 %.

5.5.4 Определение относительной нестабильности активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1

5.5.4.1 Вычислить относительную нестабильность активного δR и реактивного δX сопротивлений мер набора ИМ-1 за год по формулам:

$$\delta R = (R_0 - R) \cdot 100\% / R; \quad \delta X = (X_0 - X) \cdot 100\% / X; \quad (3)$$

где R_0 и X_0 - определенные согласно п.5.5.2 действительные значения активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 при очередной поверке,

R и X - определенные согласно п.5.5.2 действительные значения активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 при предыдущей поверке.

Рассчитанную по формуле (3) нестабильность активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 записать в протокол поверки.

Набор ИМ-1 считается прошедшим поверку, если относительная нестабильность активного и реактивного сопротивлений мер набора ИМ-1 не превышает значений, указанных в п.2.4.6.

5.6 Оформление результатов поверки

5.6.1 Результаты поверки набора ИМ-1 оформляют в виде протокола поверки.

5.6.2 Положительные результаты поверки набора ИМ-1 оформляют выдачей свидетельства по форме, установленной Госстандартом.

В формуляре делают запись о годности набора ИМ-1 к применению, указывают дату поверки и ставят подпись лица, выполнявшего поверку, запись должна быть удостоверена клеймом.

5.6.3. Набор ИМ-1, не прошедший поверку, к применению не допускают, свидетельство аннулируют. На него выдают извещение о непригодности с записью в нем параметров, по которым набор ИМ-1 не соответствуют техническим характеристикам.

В формуляре делают запись о непригодности набора ИМ-1 к применению с указанием причины непригодности, указывают дату поверки, ставят подпись лица, выполнявшего поверку, запись должна быть удостоверена клеймом.

6 Техническое обслуживание

6.1 Общие указания

6.1.1 При использовании и хранении набора ИМ-1 должны выполняться следующие виды технического обслуживания:

- внешний осмотр;
- периодическая поверка.

6.2 Внешний осмотр

6.2.1 Внешний осмотр выполнять после длительного хранения (12 и более месяцев) и после транспортирования.

6.2.2 Проведение внешнего осмотра – по разделу 3 настоящего РЭ.

Кроме того, необходимо:

- снять короткозамыкатели с измерительных разъемов мер набора ИМ-1;
- протереть измерительные разъемы и короткозамыкатели хлопчатобумажной тканью, смоченной техническим спиртом, высушить их и надеть короткозамыкатели.

6.3 Периодическая поверка

6.3.1 Последовательность и периодичность поверки – по разделу 5 настоящего РЭ.

7. Текущий ремонт

7.1 Текущий ремонт выполняет предприятие-изготовитель. Адрес предприятия-изготовителя: 630010, г. Новосибирск, ул. Геологическая, 49

7.2 После проведения ремонта набор ИМ-1 должен быть подвергнут поверке.

8. Хранение

8.1 Набор ИМ-1 хранят в сухом отапливаемом помещении на стеллажах в укладочном ящике при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С и относительной влажности не более 80 % при температуре 25 °С.

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионных агентов:

сернистого газа – 20 мг/м² в сутки (0,025 мг/м³),
хлоридов – 0.3 мг/м² в сутки.

8.2 Расположение наборов ИМ-1 в хранилищах должно обеспечивать их свободное перемещение и доступ к ним.

Расстояние между отопительными устройствами хранилища и набором ИМ-1 должно быть не менее 1 м.

8.3 При хранении набор ИМ-1 подлежит техническому обслуживанию согласно раздела 6 настоящего РЭ.

9. Транспортирование

9.1 Набор ИМ-1 в упаковке может транспортироваться в закрытых транспортных средствах любого типа.

При транспортировании самолетом набор ИМ-1 в упаковке должен быть размещен в отапливаемом герметизированном отсеке.

Условия транспортирования:

температура окружающего воздуха от минус 30 до плюс 50 °С,
относительная влажность воздуха 95 % при температуре 25 °С.

9.2 Размещение и крепление наборов ИМ-1 в упаковке в транспортных средствах должны обеспечивать их устойчивое положение, исключать возможность их смещения и удары друг от друга, а также о стенки транспортных средств.

10. Тара и упаковка

10.1 Набор ИМ-1 упаковывают в укладочный ящик.

10.2 Внутри укладочный ящик разделен на три отсека. В наибольшем отсеке через прокладки укладывают меры и фланец, в среднем - втулку резьбовую, в наименьшем - болты и ключ. Меры и фланец закрепляют болтом с шайбой.

11. Маркирование и пломбирование

11.1 На укладочном ящике набора ИМ-1 указано: условное обозначение набора ИМ-1, порядковый номер, год изготовления.

11.2 На каждой мере набора ИМ-1 укреплен этикетка, на которой указано: обозначение меры, порядковый номер набора ИМ-1.

11.3 Наименование предприятия-изготовителя и изображение знака утверждения типа нанесены на титульные листы формуляра и руководства по эксплуатации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Справочное)

Зависимость разности фаз от параметров меры импеданса

Для определения разности фаз, создаваемой мерой импеданса, рассмотрим схему зонда аппаратуры с надетой на него мерой ИМ (рисунок А1).

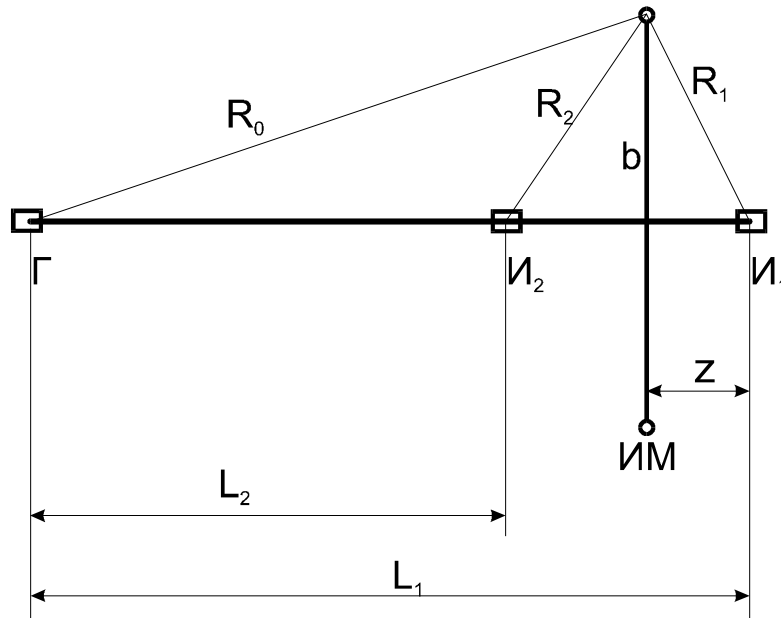


Рисунок А1

Магнитное поле возбуждают с помощью генераторной катушки Г, имеющей момент $M = M_0 e^{-i\omega t}$. В точках расположения измерительных катушек И₁ и И₂ напряженность магнитного поля направлена по оси зонда и равна [1]:

$$H_j = \frac{M(1 - ikL_j)e^{ikL_j}}{2\pi L_j^3} + \frac{i\omega\mu Mb^4(1 - ikR_0)(1 - ikR_j)e^{ik(R_0+R_j)}}{4R_0^3 R_j^3 (R + iX)}, \quad (A1)$$

где L_j - расстояние от генераторной до j-ой измерительной катушки, м; $j=1, 2$; $k=\omega/c$; $\omega=2\pi f$, f - частота поля, Гц; c - электродинамическая постоянная, равная примерно $3 \cdot 10^8$ м/с; μ - магнитная проницаемость воздуха, равная примерно $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; b - радиус средней линии кольца меры, м; R_0, R_j - расстояния от средней линии кольца меры до центров генераторной и j-ой измерительной катушек, соответственно, м; R - активное сопротивление электрической цепи меры, Ом; X - реактивное сопротивление электрической цепи меры, Ом, равное $1/\omega C - \omega L$, где L - индуктивность электрической цепи меры, Гн; C - емкость электрической цепи меры, Ф.

Разность фаз $\Delta\varphi$ между э.д.с. E_1 и E_2 , наведенными в измерительных катушках И₁ и И₂, равна

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2, \quad (A2)$$

$$\text{где } \varphi_j = \arctg \frac{\text{Im } H_j}{\text{Re } H_j} = -\arctg \frac{\text{Re } E_j}{\text{Im } E_j}; j=1;2.$$

Формулы (A1), (A2) позволяют для заданных значений параметров меры и ее положения рассчитать значения разности фаз, создаваемые мерой. Эти формулы получены в приближении малости размеров катушек зондов по сравнению с расстояниями между катушками и радиусом кольца меры. Для более точных расчетов используют специальные программы, основанные на том же принципе, что и формулы (A1), (A2), но учитывающие конечные размеры катушек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Ю.Н., Кауфман А.А. Диэлектрический индуктивный каротаж. Наука, Новосибирск, 1971, 170 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(Обязательное)

Перечень элементов

Таблица Б1

Зонд	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Конденсаторы ОЖО.461.105 ТУ				
ИК0.5	C ₁	К10-43-100 пФ	1	
ИК0.7	C ₂	К10-43-221 пФ	1	
ИК1.0	C ₃	К10-43-1000 пФ	1	
ИК1.4	C ₄	К71-7-3900 пФ	1	
ИК2.0	C ₅	К71-7-21000 пФ	1	