

**КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НЕМАГНИТНЫХ
МЕТАЛЛОВ ПО ФАЗЕ НАПРЯЖЕНИЯ НАКЛАДНОГО ДАТЧИКА**

В. К. ЖУКОВ, А. М. ПАНАСЮЧЕНКО, Р. М. ЗАКИРОВ

(Представлена научным семинаром кафедры информационно-измерительной техники)

Для контроля структурного состояния и сортировки по маркам различных сплавов в промышленности применяются серийно выпускаемые электромагнитные приборы — измерители электропроводности. В настоящее время имеются модификации приборов (ИЭ-1, ИЭ-11, ИЭ-20), отличающихся только частотой тока, возбуждающего электромагнитное поле в датчике. Принцип действия всех приборов одинаков и заключается в регистрации изменений модуля комплексного сопротивления измерительной обмотки датчика накладного типа [1].

Модуль комплексного сопротивления датчика зависит не только от контролируемой электропроводности изделия, но и от величины непроводящего зазора между поверхностями датчика и металла. Непроводящий зазор может быть образован окисными пленками, окалиной или слоем краски. Колебания величины зазора, неизбежные в процессе работы, ведут к изменениям модуля сопротивления и, следовательно, к погрешности.

Для уменьшения погрешности, обусловленной зазором, используют различные способы компенсации влияния зазора. В измерителях типа ИЭ для этой цели используется специальный конденсатор, подбором величины которого добиваются такого положения, при котором модуль сопротивления цепи, составленной из последовательно включенных конденсатора и индуктивности измерительной обмотки, оказывается нечувствительным к небольшим колебаниям зазора. При таком способе отстройки удается избавиться от влияния зазора только в случае небольших изменений электропроводности металла. Если контролируемая электропроводность изменяется в широких пределах, то компенсирующий конденсатор должен быть переменной емкости и величина его должна устанавливаться в зависимости от значения контролируемой электропроводности.

Примененный в серийных измерителях способ отстройки от влияния зазора обеспечивает нечувствительность к зазорам (в пределах погрешности прибора), не превышающим 200 мкм, кроме того, перед каждым измерением он требует настройки цепи компенсации, что все вместе взятое снижает качественные показатели приборов и делает их неудобными в работе.

Значительно лучшие результаты как в отношении точности, так и в отношении удобства эксплуатации могут быть получены, если

контроль вести по фазе напряжения двухобмоточного накладного датчика. Теоретические исследования показывают, что фаза эдс, приносимой в измерительную обмотку изделием, не зависит от расстояния между поверхностью изделия и датчиком, следовательно, если контроль вести по фазе, привнесенной эдс, то можно будет полностью избавиться от влияния зазора при изменении его в широких пределах.

Проведенные нами экспериментальные исследования показали, что фаза привнесенной эдс хотя и слабо, но зависит от величины зазора (рис. 1) и при контроле небольших изменений электропроводности может привести к значительной погрешности.

Влияние зазора на фазу эдс может быть значительно уменьшено введением последовательно с привнесенной эдс дополнительного компенсирующего вектора U_k . Величина этого вектора определяется с по-

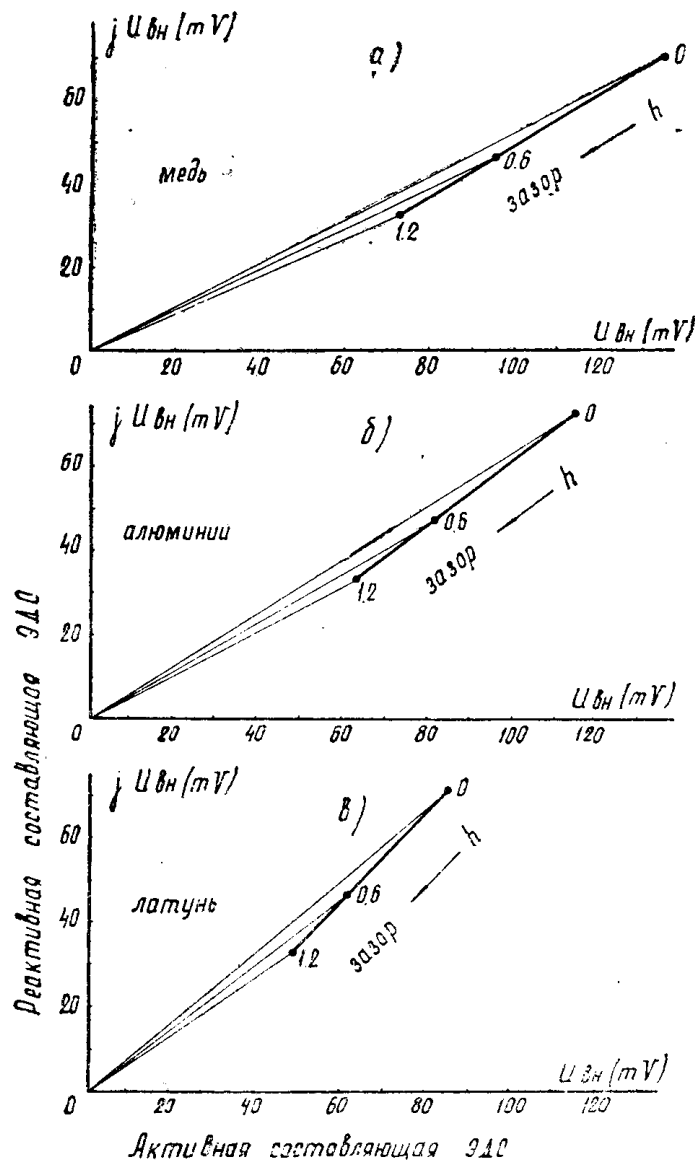


Рис. 1. Зависимость привнесенной эдс от зазора в мм, между датчиком и поверхностью медного (а), алюминиевого (б) и латунного (в) изделий

мощью построений, показанных на рис. 2. Годограф векторов, привнесенных эдс, продолжается до пересечения с осью абсцисс; отрезок ОК,

отсекаемый им на оси, и будет искомым вектор, но с обратным знаком. Изменив направление вектора OK на 180° , получим вектор U_k .

В результате сложения компенсирующего вектора U_k и векторов, приведенных эдс U_1, U_2, U_3 , получаются новые вектора U'_1, U'_2, U'_3 , лежащие на одной прямой.

Таким образом, если последовательно с измерительной обмоткой мы введем компенсирующее напряжение U_k , то результирующее напряжение, получаемое в измерительной цепи датчика, будет иметь фазу, не зависящую от величины зазора.

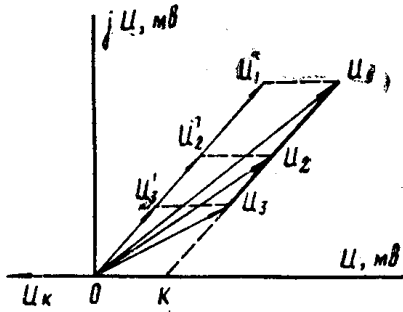


Рис. 2. К определению компенсирующего вектора U_k

Увеличение зазора вызывает уменьшение только амплитуды результирующего напряжения и при контроле по фазе этого напряжения не будет сказываться на погрешности контроля.

Погрешность измерения электропроводности методом вихревых токов зависит от формы изделия. Градуировка приборов производится при установке датчика на ровную поверхность, площадь которой значительно превышает площадь сечения датчика. Если в процессе работы датчик будет установлен на площадку, имеющую размеры, соизмеримые с диаметром датчика, то фаза приведенной эдс будет отличаться от фазы эдс, получаемой при установке датчика на поверхность, несоизмеримую с размерами датчика.

С целью количественной оценки влияния конечных размеров площадки была снята зависимость фазы приведенной эдс от относительного расстояния между датчиком и краем площадки. Из графика (рис. 3), построенного по результатам эксперимента, видно, что при отношении расстояния между центром датчика и краем изделия l к диаметру датчика d , большим 1,5, фаза эдс практически не чувствует край изделия.

Если поверхность площадки изделия, на которую устанавливается датчик, отличается от плоской, то в показаниях прибора также возникает погрешность. Величина этой погрешности зависит от отношения диаметра датчика к радиусу кривизны изделия. На рис. 4 показана зависимость фазы приведенной эдс от диаметра цилиндра D . Для снятия указанной зависимости было изготовлено 5 медных цилиндров разного диаметра, на которые последовательно устанавливался накладной датчик и фиксировались значения фазы приведенной эдс. Фаза эдс при установке датчика на плоскую поверхность ($d/D = 0$) условно принималась за нуль. Из графика видно, что фаза эдс сильно чувствует кривизну поверхности, поэтому для уменьшения связанной с этим погрешности при контроле электропроводности изделий, не имею-

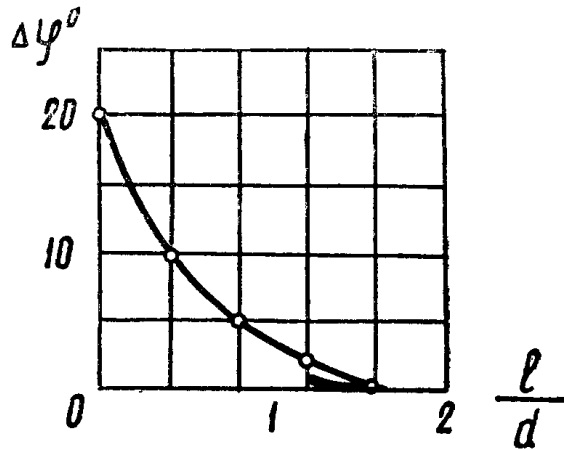


Рис. 3. Зависимость фазы приведенной эдс от относительного расстояния между датчиком и краем металлической пластины: l — расстояние между датчиком и краем пластины, d — диаметр ферромагнитного сердечника датчика

щих плоских поверхностей, необходимо стремиться к уменьшению диаметра сердечника датчика.

Проведенные исследования показывают, что при использовании в качестве рабочего параметра датчика фазы привнесенной эдс погрешность контроля электропроводности металлов может быть значи-

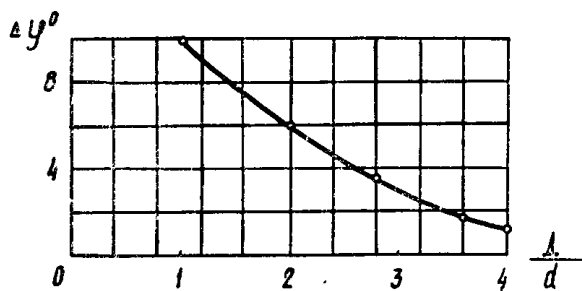


Рис. 4. Влияние диаметра проводящего цилиндра D на фазу привнесенной эдс накладного датчика, имеющего диаметр сердечника d

тельно снижена и технические показатели измерителей таким образом улучшены.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Л. Дорофеев. Неразрушающие испытания методом вихревых токов. Оборонгиз, 1961.