

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕСКОНТАКТНОГО ИНДУКЦИОННОГО ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКИХ СРЕД

Д.Е. Кривобоков, В.А. Соловьев, Павленко А.А. Спирин Д.С.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена проблеме повышения чувствительности индукционных приборов контроля удельной электропроводности жидких сред. Одним из вариантов повышения чувствительности является увеличение добротности колебательного контура датчика, что предлагается реализовать путем уменьшения паразитных ёмкостных взаимных связей витков катушки индуктивности посредством применения диэлектрической прослойки. Также представлены результаты экспериментов, демонстрирующие повышение чувствительности датчика.

Ключевые слова: кондуктометрия, измерения, индукционный преобразователь, чувствительность.

Индукционные бесконтактные кондуктометрические первичные преобразователи активно используются в химической и энергетической промышленности для контроля удельной электрической проводимости (УЭП) химически агрессивных, а так же сильно загрязнённых и вязких жидких сред. Однако, существенным недостатком подобного метода измерительных преобразований является недостаточная чувствительности. Связано это с тем, что информативной величиной является изменение амплитуды колебаний автогенератора, одним из элементов которого является индуктивный первичный преобразователь. Изменение амплитуды происходит за счет внесения дополнительных активных потерь в колебательный путём создания вихревых токов в жидкости. Очевидно, что чем меньше фоновые, собственные потери энергии автогенератора, тем более достоверно различимы изменения амплитуды за счёт внешних вносимых потерь. Таким образом, повышение добротности колебательного контура индукционного кондуктометра путём снижения собственных потерь энергии является актуальной задачей в кондуктометрии, и направлена на расширение диапазона и снижение достоверности результатов измерений.

Целью работы является демонстрация одного из вариантов повышения чувствительности индукционного бесконтактного кондуктометрического первичного измерительного преобразователя.

Экспериментальным путём было обнаружено существенное увеличение добротности колебательного контура автогенератора, а соответственно и чувствительности к УЭП жидкости, при обеспечении диэлектрического зазора между обмоткой катушки и ферритовым сердечником (рисунок 1).

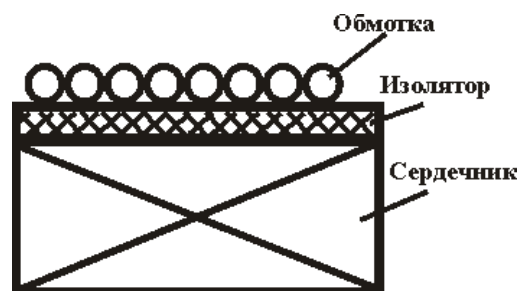
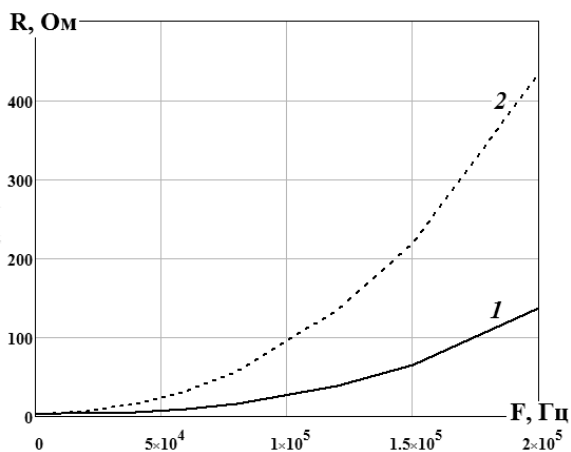


Рисунок 1 – Фрагмент продольного разреза катушки индуктивности кондуктометра

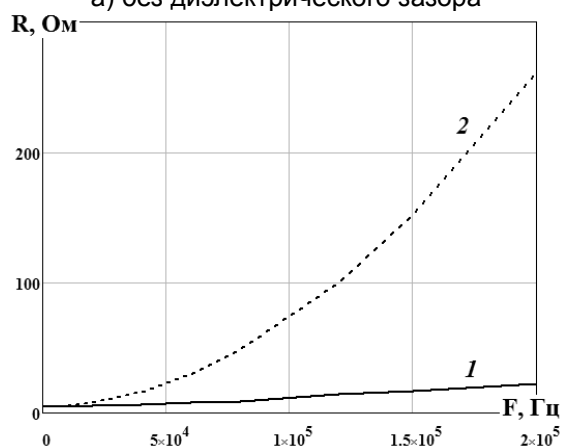
Для проверки и оценки эффекта повышения добротности колебательного контура, нами были проведены экспериментальные исследования, целью которых было определение зависимости в изменении чувствительности амплитуды колебаний автогенератора от толщины изолирующего слоя 2 (рисунок 1). Для этого использовались ферритовые сердечники различного диаметра (от 8 мм до 12 мм), использующиеся при производстве кондуктометрических приборов контроля, измерительный мост переменного тока и имитатор электропроводящей жидкости для индукци-

онного кондуктометрического датчика, представляющие собой проводящий виток провода, замкнутый на резистор, в нашем случае 2 Ом.

На ферритовые сердечники в один слой по всей длине укладывалась обмотка из проволоки диаметром 0.2мм и 0.3мм. Толщина изолирующего слоя изменялась от 0 мм до 2 мм. При этом, с помощью измерительного моста переменного тока определялось активное сопротивление катушки индуктивности при различных частотах колебаний и различных внешних нагрузках. Очевидно, что при увеличении активного сопротивления катушки индуктивности колебательного контура, уменьшается её добротность и, как следствие, амплитуда колебаний автогенератора уменьшается. Некоторые результаты представлены на рисунке 2.



а) без диэлектрического зазора



б) диэлектрический зазор 1 мм

Рисунок 2 – Графики активных потерь в катушке индуктивности в зависимости от частоты колебаний при различных нагрузках: 1 – без нагрузки; 2 – нагрузка внешним витком, замкнутым на сопротивление 2 Ом

На рисунке 3 представлено отношение активных сопротивлений катушки индуктивности при различных толщинах изолирующего слоя, на частоте колебаний сканирующего сигнала измерительного моста переменного тока равным 200 кГц, это значение максимально близко соответствует рабочему режиму автогенератора в приборах контроля удельной электропроводности, выпускаемых серийно. Как и ожидалось, зависимость (рисунок 3) характеризуется быстрым ростом в окрестности малых толщин изолирующего слоя и стремиться к пределу, при его значительном увеличении. Поскольку применение изолятора не создает каких-либо дополнительных нелинейных процессов в магнитной системе, можно предположить, что данное поведение отношения обуславливается элементами, размеры которых соизмеримы с толщинами, соответствующими быстрому росту кривой.

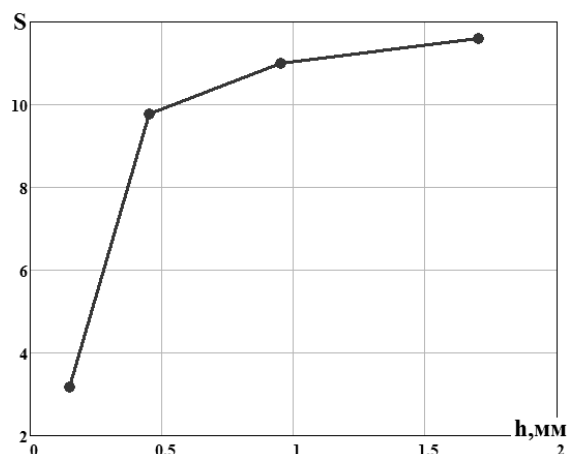


Рисунок 3 – Отношение активных сопротивлений катушки индуктивности при различных толщинах изолирующего слоя

На наш взгляд, подобная зависимость объясняется присутствием распределённых межвитковых ёмкостных связей (рисунок 4). Поскольку относительная диэлектрическая проницаемость феррита существенно больше единицы и может составлять несколько десятков и даже сотен единиц, несмотря на то, что многие подобные материалы можно считать диэлектриками, приближение обмотки к сердечнику увеличивает паразитную ёмкостную связь витков, что в результате снижает добротность катушки индуктивности в целом.

В подтверждение этому выяснилось, что при увеличении диаметра проволоки обмотки, чувствительность автогенератора к внешней нагрузке так же возрастает, поскольку между

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕСКОНТАКТНОГО ИНДУКЦИОННОГО ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКИХ СРЕД

витками более толстого сечения ёмкостная связь уменьшается (рисунок 3). Однако при повышении толщины витка обмотки сокращается их количество, что влечёт к повышению частоты колебаний автогенератора за счёт уменьшения индуктивности. Увеличение частоты колебаний так же способствует некоторому повышению чувствительности индукционных преобразователей, однако заставит использовать более сложные и менее эффективные схемотехнические и конструктивные решения, что далеко не всегда приемлемо.

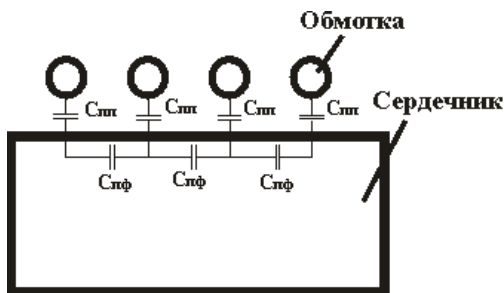


Рисунок 4 – Распределение ёмкостных взаимных связей между витками обмотки

Заключение

Таким образом, один из вариантов повышения чувствительности бесконтактного первичного измерительного преобразователя жидких сред заключается в уменьшении ёмкостной связи между витками катушки индуктивности, что в частности обеспечивается применением прокладки с малой относительной диэлектрической проницаемостью между обмоткой и сердечником. В результате, при создании диэлектрического зазора около 1 мм для обмотки из проволоки 0.3 мм, происходит увеличение чувствительности измерительного преобразователя приблизительно на порядок.

Кривобоков Дмитрий Евгеньевич – к.т.н., доцент, тел.: 8-961-976-75-63, e-mail: dmitriikrivibikiv@mail.ru. Соловьев Виталий Андреевич – ст. преподаватель АлтГТУ, Павленко Алексей Александрович – магистр АлтГТУ, Спирин Дмитрий Сергеевич – магистр АлтГТУ.