

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
РУССКОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ЖУРНАЛ
РУССКОГО ФИЗИКО–ХИМИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА:

ЖРФХО,

Том 89, Выпуск № 1

Перезапущен под этим именем в 2015 году

Продолжение научного журнала ЖРФХО
РУССКОГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА, 1872–1930,
возобновивших свою общественную, научную
и издательскую деятельность в России
16 апреля 1991 г.

Публикует:

- наиболее актуальные, полезные, оригинальные работы соотечественников по всем отраслям естествознания;
- письма читателей и научные статьи, программы и методики, рекламу, технические предложения, анализ, обзор, прогноз;
- энергетика, экология, охрана здоровья, сельское хозяйство, промышленность, техника, технология, экономика, наука.

*Не чины и звания, ни возраст и профессия авторов,
а степень общественной пользы и оригинальность их мысли –
единственный критерий отбора работ для публикации*

Приоритетная защита всех публикуемых материалов. Предназначен для всех, кому не безразличны современные земные проблемы, кто ищет конкретное поле деятельности для эффективного приложения своих интеллектуальных способностей.

ДЕВИЗ ЖУРНАЛА:

«Новое искание Истин – только это и есть Наука»

Д.И. Менделеев

ТРАНСФОРМАТОР С МАГНИТНЫМ ЭКРАНОМ ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКИ

Родионов В. Г., Ручкин В. А.

Экранирование вторичной обмотки трансформатора позволяет уменьшить размагничивание магнитопровода током нагрузки, который проходит по вторичной обмотке и тем самым уменьшить ток в первичной обмотке трансформатора при подключении нагрузки.

Как известно, при изменении магнитного потока в магнитопроводе, вокруг него возникает **вихревое электрическое поле**, которое является причиной возникновения ЭДС во вторичной обмотке трансформатора. Ток нагрузки, проходящий по вторичной обмотке, является причиной возникновения **магнитного поля**, направленного против магнитного потока, создаваемого током в первичной обмотке.

Для уменьшения влияния тока нагрузки на магнитный поток в магнитопроводе, нужно между вторичной обмоткой и магнитопроводом установить экран для магнитного поля, которое создаётся током во вторичной обмотке. Однако, этот экран должен быть прозрачным для вихревого электрического поля, создаваемого изменяющимся магнитным потоком в магнитопроводе.

В качестве материала для такого экрана можно использовать, например, феррит. На рис. 1 показана обмотка с магнитным экраном из ферритовых колец. Обмотка имеет 95 витков и сопротивление 6 Ом.



Рис. 1. Обмотка с магнитным экраном из ферритовых колец
«ЖРФХО», Том 89, Выпуск 1 (2017г.), стр. 113

На рис. 2 приведены результаты измерений тока, проходящего по обмотке с ферритовым экраном (рис. 1) при подаче на неё синусоидального напряжения с частотой 50 *Гц*. Эти измерения проводились до того, как обмотка с ферритовым экраном стала частью трансформатора, то есть была отдельным самостоятельным изделием. На рис. 2 по горизонтальной оси отложена величина напряжения, которое приложено к обмотке, а по вертикальной оси – величина тока (ряд 1) и величина полного сопротивления (ряд 2). На рис. 2 видно как изменяется индуктивное сопротивление обмотки с магнитным экраном при изменении величины напряжения приложенного к обмотке. На рис. 2 видно, что приблизительно до напряжения 22 вольта (или тока до величины 230 *мА*) ферритовый экран сохраняет большую магнитную проницаемость, а при большей величине напряжения наступает насыщение ферритовых колец и их экранирующее действие должно существенно уменьшиться.

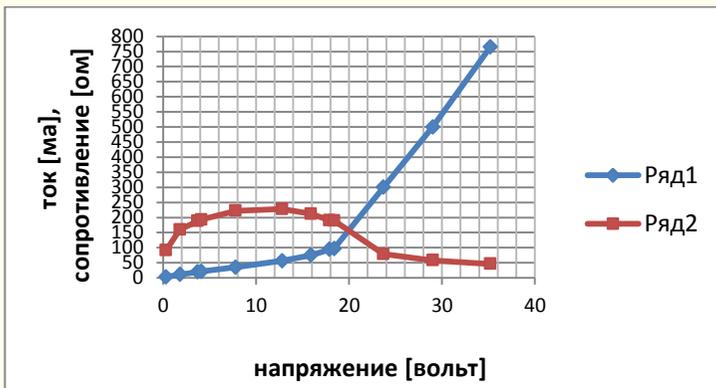


Рис. 2. Зависимость тока и сопротивления обмотки с магнитным экраном от приложенного к ней напряжения

Для того чтобы узнать, как ток нагрузки, проходящий по вторичной экранированной обмотке, будет влиять на первичную обмотку трансформатора, ток нагрузки создавался (моделировался) током от внешнего источника и измерялась ЭДС в первичной обмотке, создаваемая этим током.

На рис. 3 показана зависимость ЭДС в первичной обмотке (342 витка) от величины тока, проходящего по экранированной вторичной обмотке. (Обмотка с магнитным экраном уже встроена в трансформатор, но используется как первичная.)

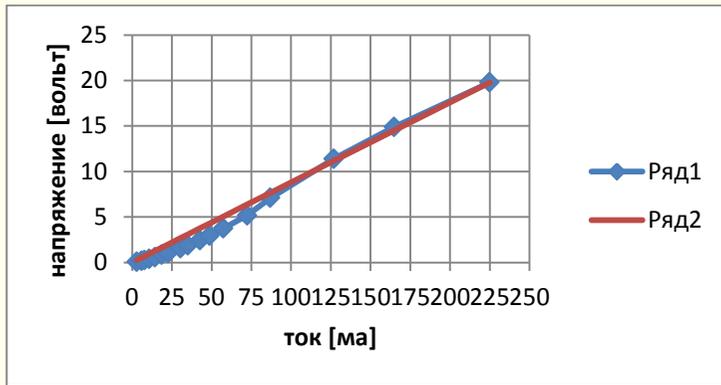


Рис. 3. Зависимость величины ЭДС в первичной обмотке от величины тока во вторичной обмотке

На рис. 3 видно, что при токе через вторичную обмотку более 80 мА (ряд 1) экранирующего действия ферритового экрана уже нет. Ряд 2 это просто прямая линия, соединяющая крайние результаты измерений. На рис. 4 более крупным планом показан диапазон действия магнитного экрана из ферритовых колец.

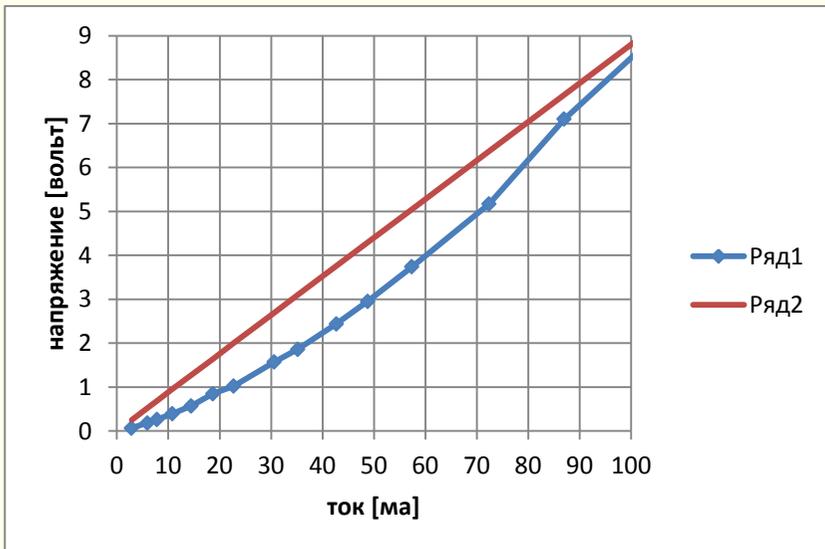


Рис. 4. Зависимость величины ЭДС в первичной обмотке (ряд 1) от величины тока во вторичной обмотке

На рис. 4 видно, что при токе через экранированную вторичную обмотку менее 22 мА (диапазон действия магнитного экрана, см. рис. 2), коэффициент передачи ЭДС в первичной обмотке к току во вторичной обмотке значительно меньше, чем при отсутствии действия магнитного экрана. То есть можно ожидать, что при токе нагрузки менее 22 мА магнитный экран ослабит влияние тока нагрузки на магнитный поток в магнитопроводе.



Рис. 5. Экспериментальный трансформатор в сборе

На рис. 5 показан общий вид экспериментального трансформатора с магнитным экраном вторичной обмотки. Вверху магнитопровода находится первичная обмотка, а внизу вторичная обмотка с магнитным экраном. Магнитопровод взят от трансформатора ТС 180. Для того чтобы разместить на этом магнитопроводе вторичную обмотку с магнитным экраном, пришлось удалить часть лент из нижней половины магнитопровода. Поэтому нижняя часть магнитопровода значительно тоньше, чем его верхняя часть.

В табл. 1 приведены результаты измерения напряжений и токов в экспериментальном трансформаторе с экранированной вторичной обмоткой.

Столбец 1 – входное напряжение [вольт] первичной обмотки; столбец 2 – ток [мА] в первичной обмотке при холостом ходе;

Русское Физическое Общество

столбец 3 – ток [mA] в первичной обмотке при подключении нагрузки $380 \text{ } \Omega$ к экранированной вторичной обмотке;
столбец 4 – ЭДС [$вольт$] в экранированной вторичной обмотке при холостом ходе;
столбец 5 – напряжение [$вольт$] на выходе экранированной вторичной обмотки при подключении к ней нагрузки $380 \text{ } \Omega$;
столбец 6 – ток [mA] нагрузки во вторичной обмотке.

Таблица 1

1	2	3	4	5	6
0,53	3,5	3,50	0,150	0,130	0,39
1,25	7,27	7,30	0,350	0,308	0,92
1,58	8,84	8,92	0,440	0,388	1,16
1,75	9,55	9,63	0,489	0,429	1,29
2,48	12,80	12,90	0,700	0,600	1,84
3,28	16,20	16,40	0,930	0,810	2,45
4,42	20,90	21,00	1,250	1,080	3,29
5,57	26,00	26,30	1,600	1,380	4,21
6,39	29,20	29,50	1,830	1,580	4,82
8,18	35,50	36,00	2,310	2,000	6,08
9,42	41,50	42,00	2,660	2,280	7,00
10,32	45,60	46,10	2,990	2,560	7,87
12,05	51,20	51,70	3,410	2,930	8,97
13,66	58,40	58,90	3,900	3,320	10,26
15,03	65,60	66,00	4,350	3,670	11,45
17,20	71,50	72,30	4,850	4,100	12,76
19,00	80,30	81,10	5,400	4,540	14,21

На рис. 6 показана зависимость тока в первичной обмотке от приложенного к ней напряжения: при холостом ходе (ряд 1) и при нагрузке $380 \text{ } \Omega$ (ряд 2) (по данным табл. 1)

Оценка величины разности токов в первичной обмотке при отсутствии нагрузки (ряд 1, рис. 6) и при её наличии (ряд 2, рис. 6) должна производиться по величине тока нагрузки (столбец 6 в табл. 1 или ряд 2, рис. 7) с учётом различия в числе витков первичной и вторичной обмоток ($95/342 = 0,277$). Для трансформатора без магнитного экрана вторичной обмотки, **ожидаемая** разность

токов в первичной обмотке при отсутствии нагрузки 380 Ом и при её наличии приведена на рис. 7 (ряд 3).

Для трансформатора с магнитным экраном вторичной обмотки, **измеренная** разность токов в первичной обмотке при отсутствии нагрузки 380 Ом и при её наличии приведена на рис. 7 (ряд 1).

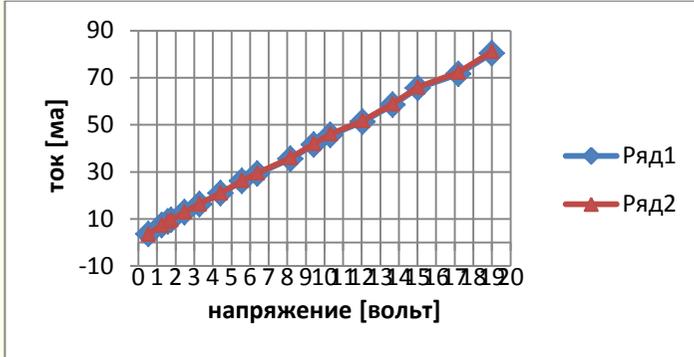


Рис. 6. Зависимость тока в первичной обмотке от приложенного к ней напряжения: при холостом ходе (ряд 1) и при нагрузке 380 Ом (ряд 2)

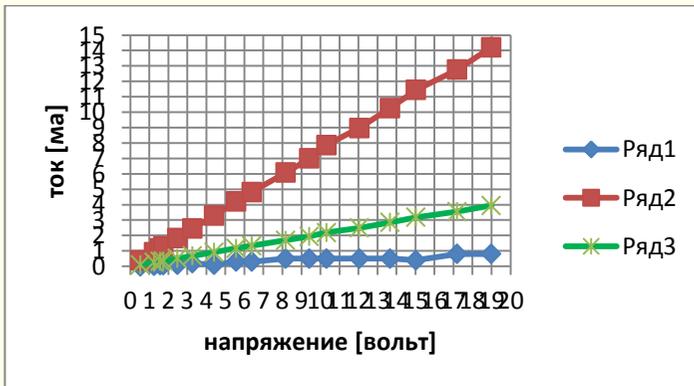


Рис. 7. Зависимость разности токов (ряд 1) в первичной обмотке при отсутствии нагрузки и при её наличии и тока нагрузки (ряд 2) от напряжения, приложенного к первичной обмотке (по данным табл. 1)

Как видно на рис.7, для исследуемого экспериментального трансформатора (с магнитным экраном вторичной обмотки) при подключении нагрузки ток в первичной обмотке увеличивается

существенно меньше (ряд 1, рис. 7), чем в трансформаторе без магнитного экрана вторичной обмотки (ряд 3, рис. 7). Ряд 2, рис. 7 – величина тока нагрузки во вторичной экранированной обмотке.

Обычно ток холостого хода в первичной обмотке трансформатора составляет менее 10% от тока в первичной обмотке при номинальной нагрузке.

Результаты эксперимента, представленные в табл. 1, получены в условиях, когда ток холостого хода в первичной обмотке трансформатора незначительно отличается от тока при подключении нагрузки. Это объясняется большим индуктивным сопротивлением вторичной обмотки, помещённой в магнитный экран из цельных ферритовых колец. По мнению авторов, для существенного уменьшения индуктивного сопротивления вторичной обмотки помещённой в магнитный экран, нужно применять ферритовые кольца (или ферритовые трубки) с воздушным зазором порядка 1–2 мм для уменьшения магнитного потока в кольцах. Над воздушным зазором желательнее поставить шунт из феррита (для магнитного поля образующегося вокруг воздушного зазора) на расстоянии 2–3 мм от наружной поверхности ферритовых колец.

Несмотря на указанные недостатки описанного натурального эксперимента, совершенно ясно, что исследование влияния магнитного экрана, прозрачного для вихревого электрического поля, на работу трансформатора нужно продолжить. Можно предположить, что при грамотном проектировании такого трансформатора, величина энергии, получаемой с его вторичной обмотки, существенно превысит энергию, подаваемую на первичную обмотку. В теоретических и экспериментальных работах Почётного члена Русского Физического Общества **Николая Емельяновича Заева** (1925 – 2007) доказано, что энергия на выходе трансформатора может превышать энергию, подаваемую на его вход [1].

Следует учесть, что полученные результаты могут быть применены не только при проектировании трансформаторов, но и при проектировании генераторов.

Литература

Заев Н. Е. Феррокексор – конвертор тепловой энергии в электрическую / Н. Е. Заев // Электротехника. – 2000. – № 3. – С. 53 – 55.

