

# Влияние токов короткого замыкания на погрешности трансформаторов тока

Раскулов Радик Фаридович, ведущий конструктор  
ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока»  
620043, г. Екатеринбург, ул.Черкасская, 25.  
(343) 234-31-05/ (343) 212-52-55;  
[cztt@cztt.ru](mailto:cztt@cztt.ru).

Измерительные трансформаторы тока (ТТ) в процессе эксплуатации подвергаются воздействию многочисленных внешних факторов, которые оказывают влияние на их метрологические характеристики.

Одним из таких параметров являются токи короткого замыкания.

При коротком замыкании ток, протекающий через ТТ, характеризуется следующими особенностями:  
-большая кратность тока, протекающего через первичную обмотку. Ток короткого замыкания может превышать номинальный первичный ток в сотни раз;  
-наличие апериодической составляющей в кривой тока;  
-при отключении тока короткого замыкания ток, протекающий через ТТ отключается не в момент перехода тока через 0.

Все эти особенности могут привести к насыщению магнитопровода ТТ вплоть до максимальной индукции насыщения.

После ликвидации короткого замыкания, при работе в сети переменного тока магнитопровод ТТ через некоторое время размагнитится и погрешности восстановятся.

Время размагничивания зависит, как от внешних факторов – значение первичного тока, мощность вторичной нагрузки, так и от конструктивных особенностей ТТ – материала магнитопровода, числа первичных витков и др.

В испытательном центре ОАО «СЗТТ» были проведены исследования влияния остаточного намагничивания после протекания токов короткого замыкания на погрешности ТТ.

Исследования проводились на ТТ типа ТОП-0,66-100/5 класса напряжения 0,66 кВ и ТПОЛ-10-300/5 класса напряжения 10 кВ. Эти ТТ класса точности 0,5 имеют магнитопроводы из электротехнической стали, а класса точности 0,2S магнитопроводы из аморфного сплава.

Исследовалось по пять ТТ класса точности 0,5 и по три ТТ класса точности 0,2S каждого типа.

Исследования проводились для случая максимально возможного насыщения магнитопровода.

Исследование влияния остаточного намагничивания после протекания токов КЗ проводилось по следующей методике.

1 Магнитопровод ТТ размагничивался согласно [1] и определялись токовые и угловые погрешности ТТ в диапазоне первичного тока от 0,5 до 120 % номинального первичного тока при номинальной мощности вторичной нагрузки с  $\cos \varphi = 0,8$ ;

2 От источника постоянного тока через вторичную обмотку ТТ, при разомкнутой первичной обмотке, подавался постоянный ток соответствующий максимальной индукции насыщения, затем ток отключался выключателем и магнитопровод ТТ оставался в насыщенном состоянии.

3 Определялись токовые и угловые погрешности ТТ с намагниченным магнитопроводом по методике [1].

4 Магнитопровод снова насыщался согласно п. 1. На установке для определения погрешностей ТТ устанавливался первичный ток, равный 120 % номинального первичного тока и определялось время, при котором погрешности намагниченного ТТ восстановятся до погрешностей размагниченного ТТ.

Время размагничивания определялось также при токе 100, 50, 20 и 5 % номинального первичного тока.

Если время восстановления погрешностей превышало 8 ч, то эксперименты прекращались.

На рисунках 1–4 приведены графики зависимости токовой и угловой погрешности от первичного тока (математическое ожидание) для вышеупомянутых ТТ класса точности 0,5.

На графиках линией двойной толщины показаны пределы допускаемой погрешности по [2] для класса точности 0,5.

Из графиков видно, что при намагничивании ТОП-0,66 токовая погрешность становится более отрицательной и выходит из пределов допускаемой стандартом [2] погрешности для класса точности 0,5.

При намагничивании ТПОЛ-10 токовая и угловая погрешности выходят из пределов допускаемых стандартом [2] погрешностей для класса точности 0,5.

Исследования показали, что остаточное намагничивание оказывает значительное влияние на погрешности ТТ с магнитопроводом из электротехнической стали. Погрешности всех испытанных ТТ в состоянии намагничивания не соответствуют классу точности 0,5.

Наибольшее влияние намагничивание оказывает на погрешности ТТ в области малых первичных токов (менее 20 % номинального).

При работе ТТ при первичном токе 100 и 120 % номинального первичного тока и при номинальной мощностивторичной нагрузки время размагничивания составляет примерно 1 мин для ТТ ТОП –0,66 и 30 мин для ТПОЛ-10.

При первичном токе 50 % номинального первичного тока токовая погрешность в течение примерно 10 с резко уменьшается, после чего процесс замедляется и в дальнейшем погрешность во времени меняется медленно и доходит до первоначальной за время 30 мин для ТОП-0,66 и 3 ч для ТПОЛ-10.

При токах 20 и 5 % номинального первичного тока размагничивания практически не происходит и погрешности не восстанавливаются за время более 8 ч.

Для размагничивания магнитопровода ТТ по стандарту [1] применяются три основных метода:

1. Вторичную обмотку замыкают на резистор мощностью 250 Вт и сопротивлением 10 Ом и пропускают через первичную обмотку номинальный ток, который затем плавно уменьшают до значения не более 2 % номинального.

2. Через первичную обмотку при разомкнутой вторичной пропускают ток 10 % номинального и плавно снижают до значения не более 0,2 % номинального.

3. Через вторичную обмотку при разомкнутой первичной пропускают ток 10 % номинального и плавно снижают до значения не более 0,2 % номинального.

Все эти методы нереализуемы при эксплуатации ТТ, так как требуют либо размыкания вторичной обмотки, что может привести к повреждению ТТ либо не обеспечивают размагничивания, так как первичный ток, как правило, не достигает номинального.

Третий метод вообще требует отключения ТТ и применения дополнительного источника питания.

Для исключения влияния намагничивания после протекания токов короткого замыкания необходимо применять ТТ классов точности 0,5S и 0,2S с магнитопроводами из аморфных или нанокристаллических сплавов.

На рисунках 5–8 приведены графики зависимости токовой и угловой погрешности от первичного тока (математическое ожидание) для вышеупомянутых ТТ класса точности 0,2S с магнитопроводами из аморфного сплава.

На графиках линией двойной толщины показаны пределы допускаемой погрешности по [2] для класса точности 0,2S.

Из рисунков видно, что на погрешности ТТ класса точности 0,2S остаточное намагничивание практически не влияет.

**Выводы:**

1. Погрешности ТТ после протекания токов КЗ могут выходить из класса точности;

2. В эксплуатации ТТ с магнитопроводом из электротехнической стали могут оставаться в насыщенном состоянии длительное время, что может приводить к недоучету электроэнергии;

3. Для коммерческого учета электроэнергии необходимо использовать ТТ классов точности 0,5S и 0,2S с магнитопроводами из аморфных или нанокристаллических сплавов, не подверженные влиянию токов короткого замыкания.

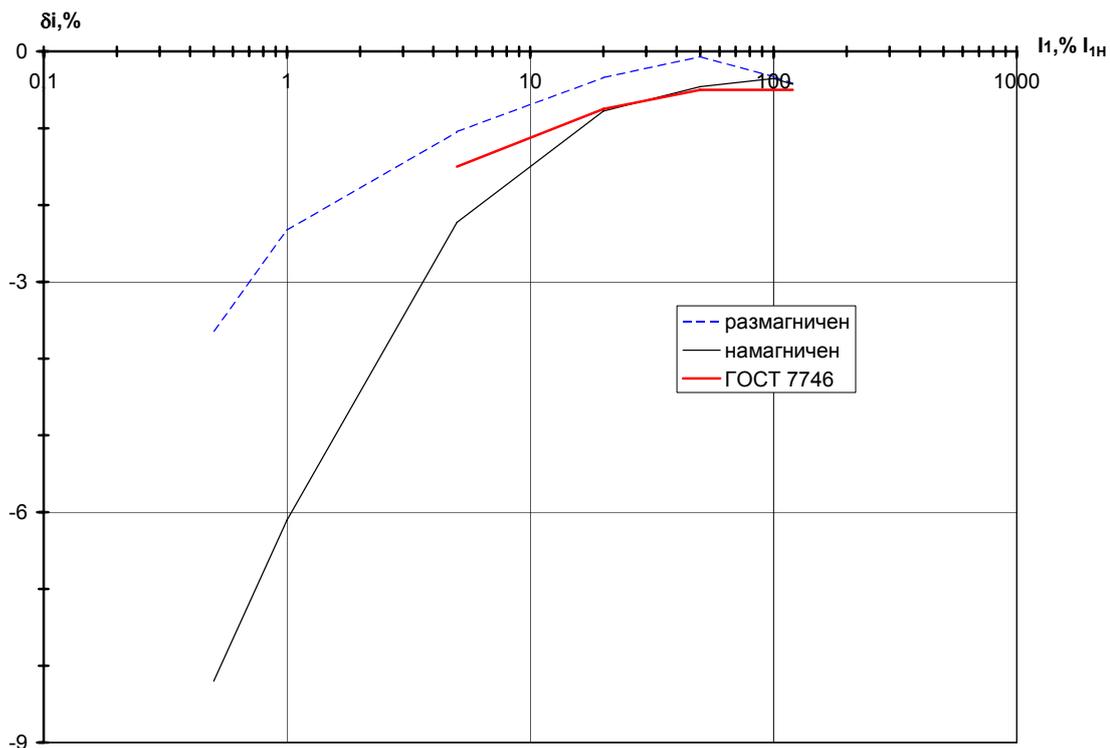


Рис. 1 Зависимость токовой погрешности ТТ Т0П-0,66-100/5 от первичного тока при намагничивании

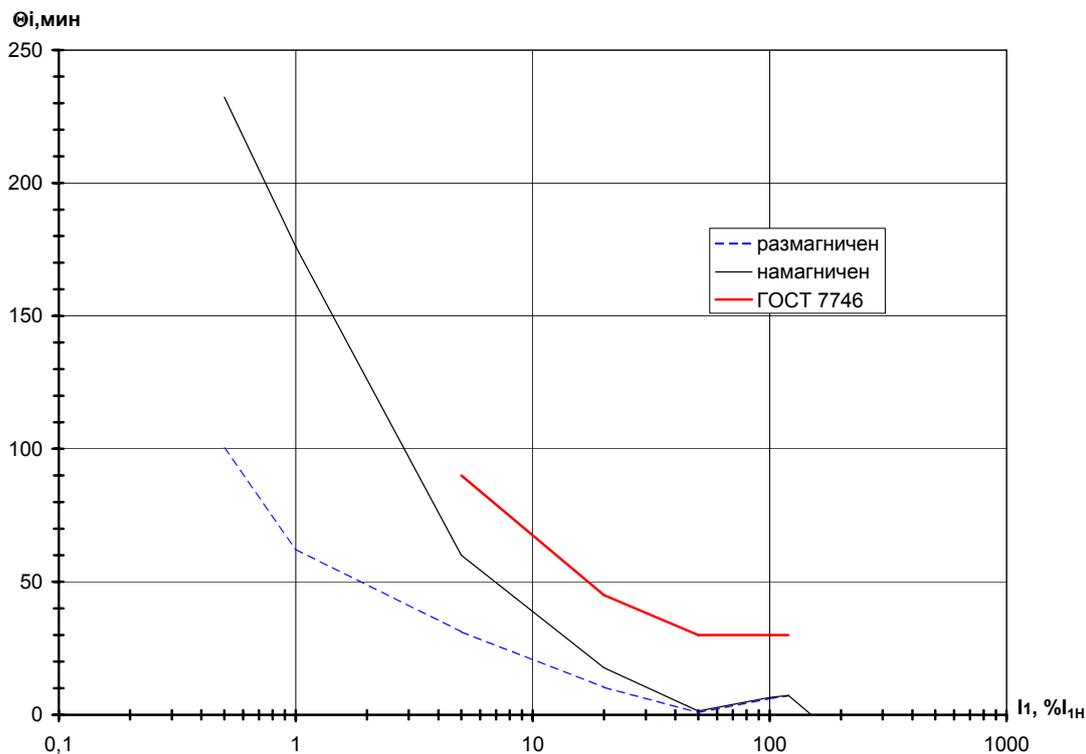


Рис. 2 Зависимость угловой погрешности ТТ Т0П-0,66-100/5 от первичного тока при намагничивании

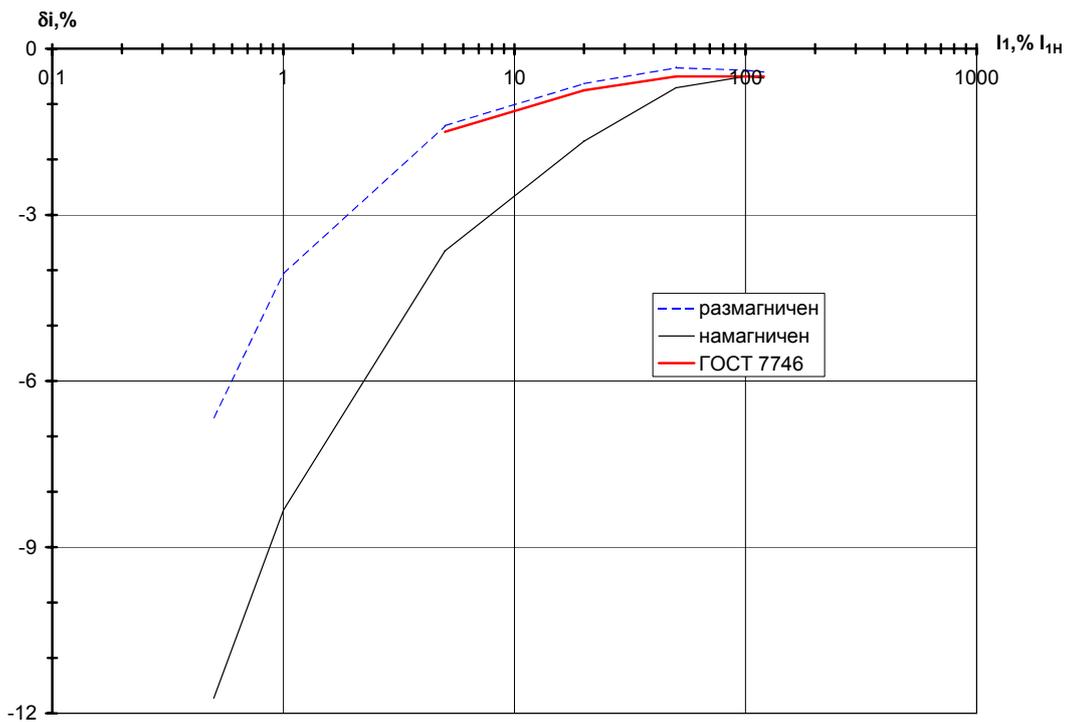


Рис. 3 Зависимость токовой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 от первичного тока при намагничивании

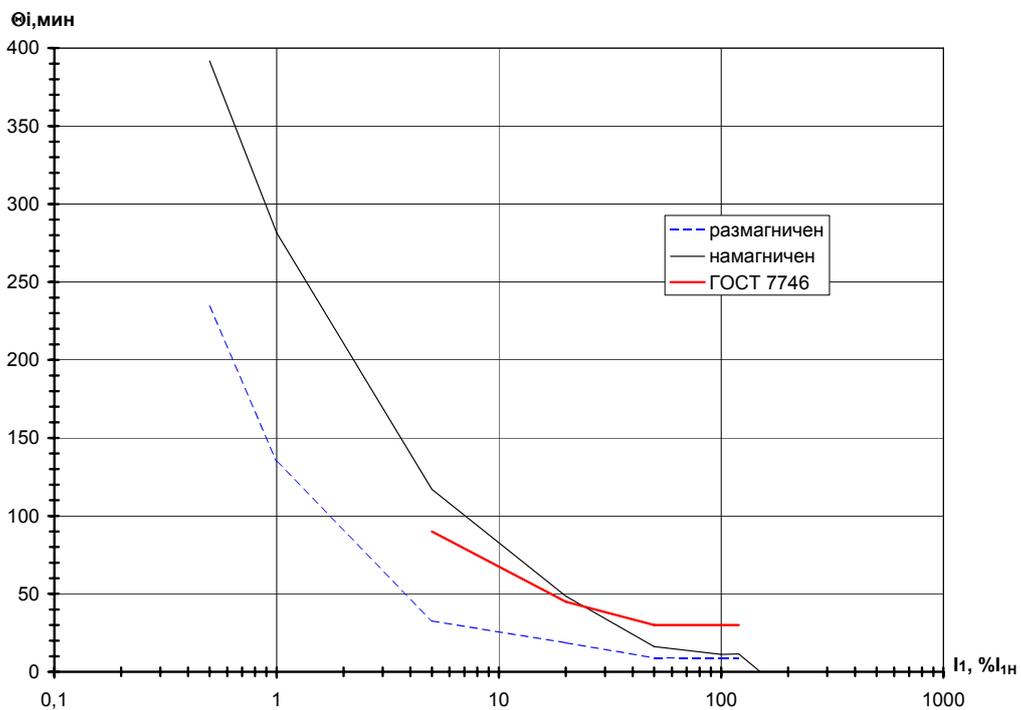


Рис. 4 Зависимость угловой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 от первичного тока при намагничивании

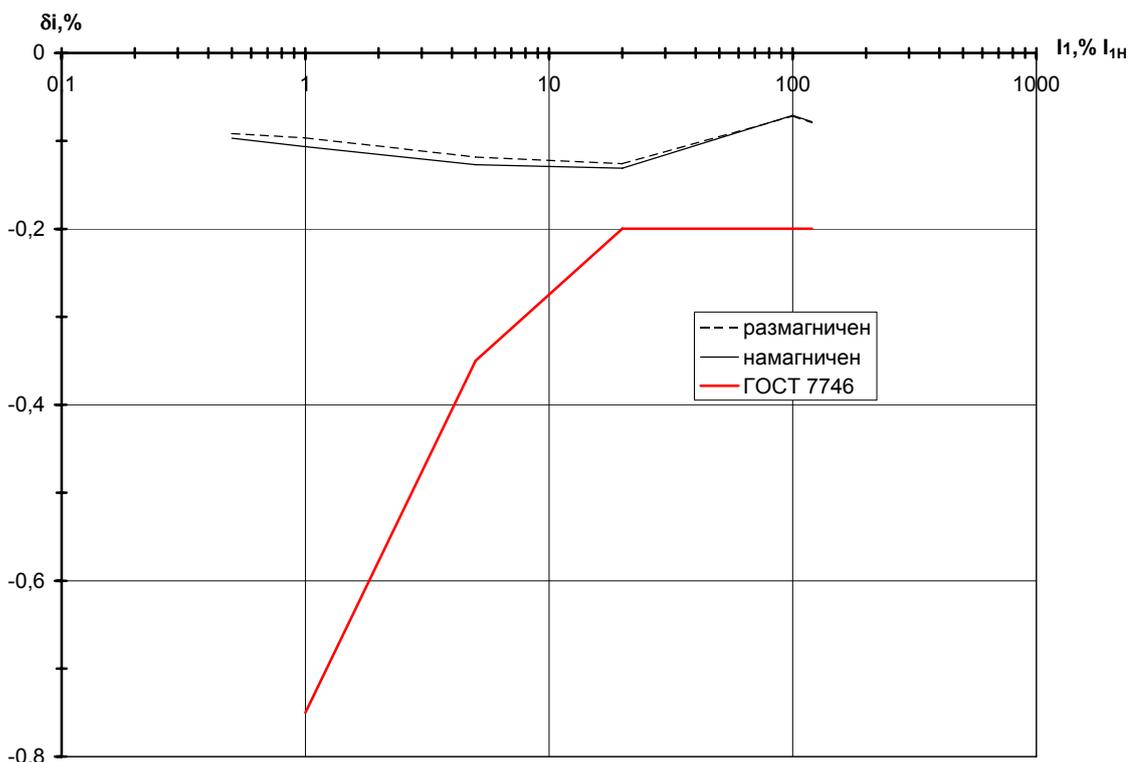


Рис. 5 Зависимость токовой погрешности ТТ Т0П 0,66-100/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании

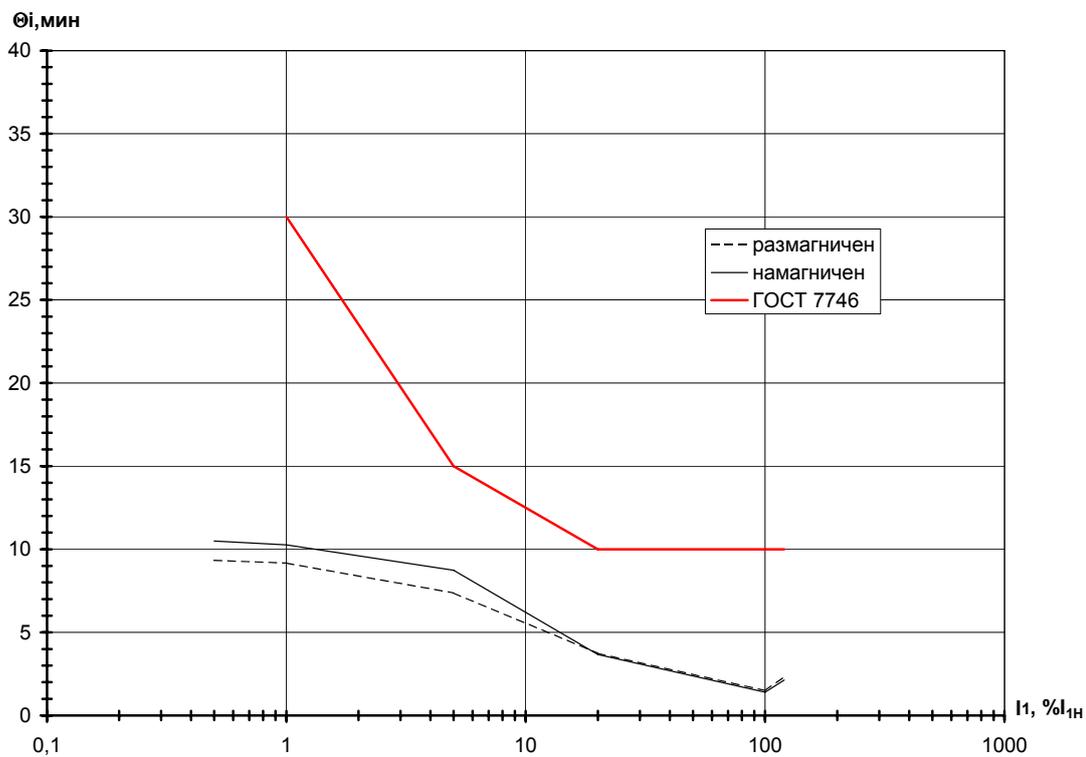


Рис. 6 Зависимость угловой погрешности ТТ Т0П-0,66-100/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании

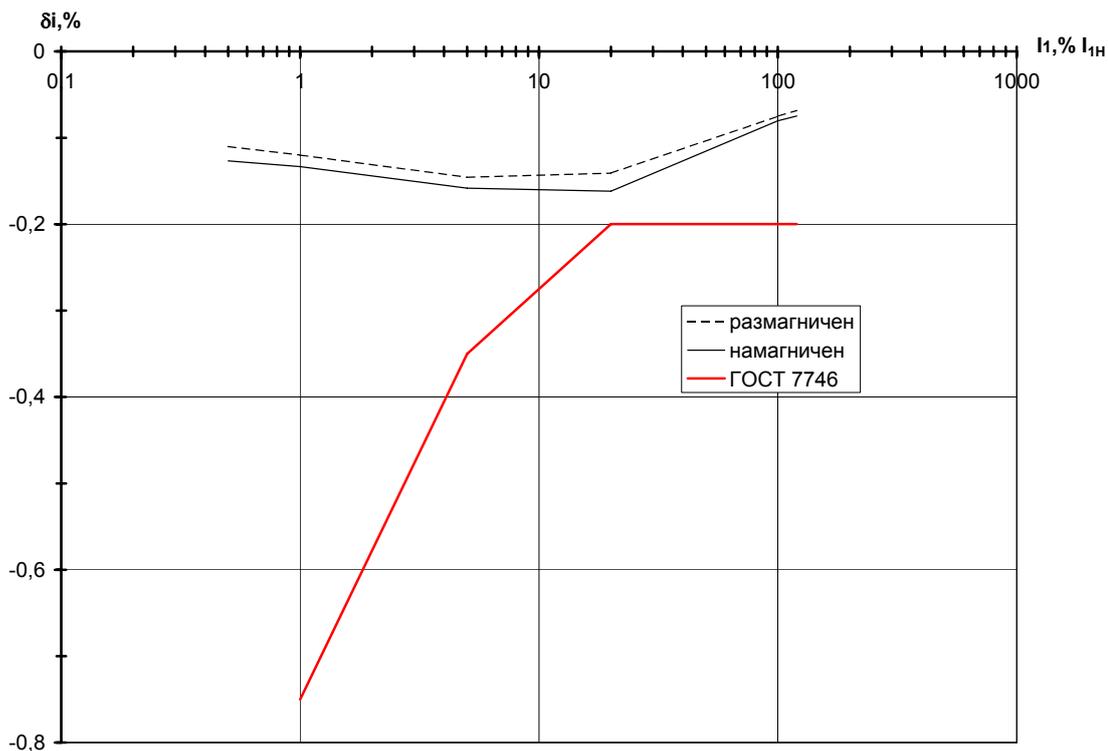


Рис. 7 Зависимость токовой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании

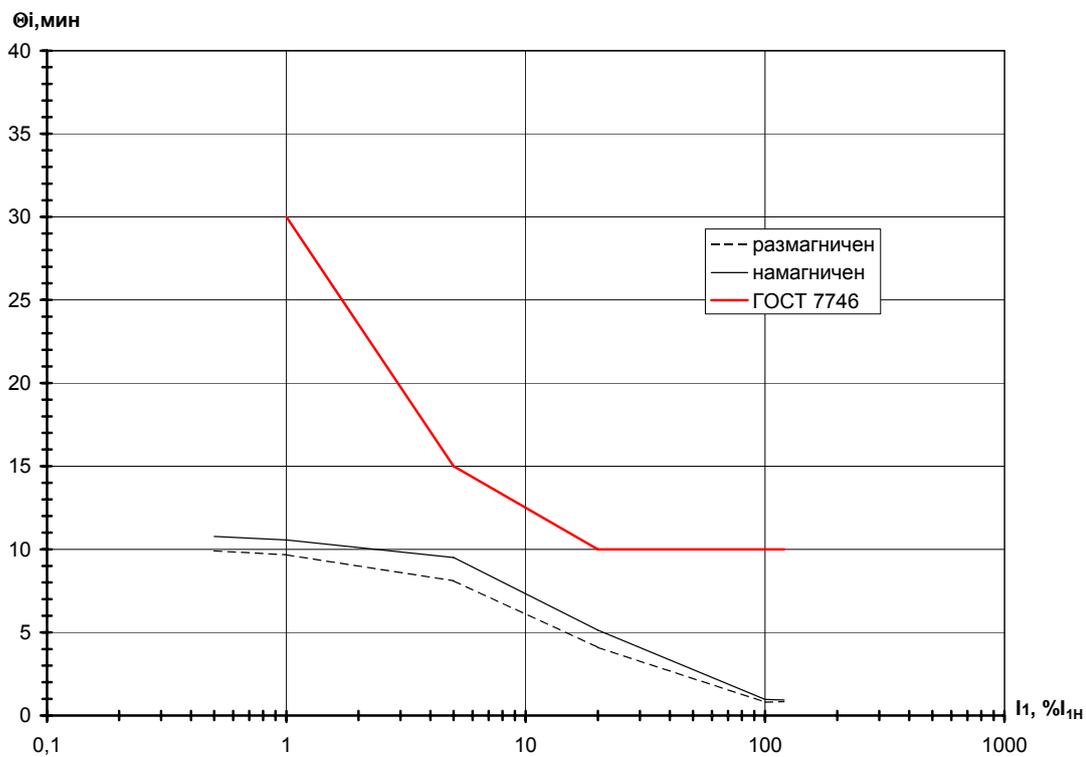


Рис. 8 Зависимость угловой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании

### **Литература**

- 1.ГОСТ 8.217-2003. Государственная система обеспечения единства измерений. Трансформаторы тока. Методика поверки.
- 2.ГОСТ 7746-2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия.