

УДК 621.382

---

**К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ТИРИСТОРНОГО  
КЛЮЧА С САМОУПРАВЛЕНИЕМ В КАЧЕСТВЕ  
КОММУТИРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА  
СТАТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА РПН**

В. И. ГУРЕВИЧ, к. т. н., доц. П. И. САВЧЕНКО

Тиристорный ключ с так называемым «самоуправлением» (ТКСУ), рис. 1, имеет ряд существенных преимуществ перед

29

другими коммутирующими устройствами, осуществляющими переключение ответвлений обмотки силового трансформатора для регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) [1].

Однако, подробное исследование особенностей работы ТКСУ [2] показало, что в некоторой области токов нагрузки симметрия работы тиристоров может резко нарушаться вплоть до возникновения режима однополупериодного выпрямления.

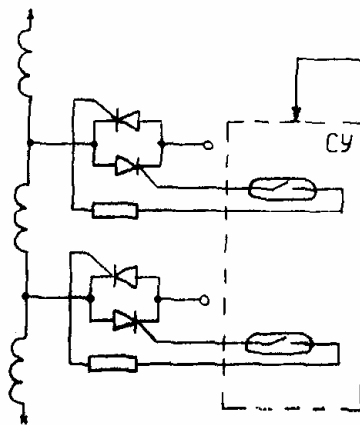


Рис. 1. Схема тиристорного ключа с самоуправлением.

В соответствии с [2] угол рассогласования вентилей связан с параметрами нагрузки следующим образом:

$$\Delta\alpha = \arcsin \left\{ \frac{\Delta I_y}{\sqrt{2} I_H} \left[ 1 + \frac{I_{y1} I_{y2}}{4 I_H^2} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \left( \frac{(R + R_H)^2 + X_H^2}{R_H^2 + X_H^2} \right) \right] \sqrt{\frac{(R + R_H)^2 + X_H^2}{R_H^2 + X_H^2}} \right\}, \quad (1)$$

где  $\Delta I_y = I_{y1} - I_{y2}$  — разность статических токов отпирания тиристоров;

$I_H$  — ток нагрузки;

$R$  — ограничительное сопротивление в цепи управления;

$R_H, X_H$  — составляющие сопротивления нагрузки.

При этом существует критический ток нагрузки — минимально допустимый ток, при котором несимметрия не превышает  $1^\circ$  эл. (обычно допустимое значение несимметрии)

$$I_{н.кр.} \approx 40,3 \Delta I_y. \quad (2)$$

То есть, нижняя граница допустимых рабочих токов ТКСУ полностью определяется разностью статических токов отпирания тиристоров, включенных в общую пару. Поскольку эти значения для тиристоров даже одного типа имеют большой (доходящий до двух порядков и более) разброс и не нормируются в информационных материалах заводов-изготовителей, большое значение приобретает статистический анализ проведенный в [3], где получены вероятностные характеристики распределения  $I_y$  тиристоров некоторых типов.

На основе полученных в [3] данных могут быть найдены вероятности  $P_i$  распределения  $I_y$  по некоторым выбранным фиксированным интервалам значений  $I_y$ . После чего могут быть рассчитаны вероятности появления пар тиристоров из соответствующих интервалов.

$$P' = P_i P_{i+n} + P_{i+n} P_i = 2P_i P_{i+n}; \quad (3)$$

$$P'' = P_i^2,$$

где  $P'$  — вероятность попадания в общую пару тиристоров из разных интервалов;

$P''$  — вероятность попадания в общую пару тиристоров из одного интервала.

По полученным в результате расчета (3) данным может быть построена зависимость  $\Delta I_y = f(P)$  или  $I_{н.кр.} = f(P)$ , рис. 2, позволяющая определить минимально допустимый ток нагрузки ТКСУ, не вызывающий появления отрицательных эффектов, с любой, наперед заданной вероятностью.

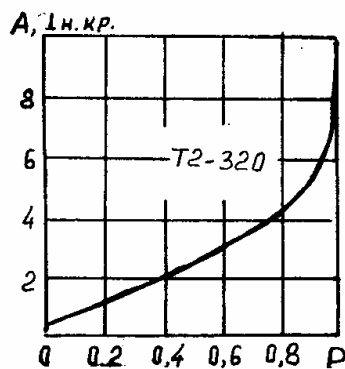


Рис. 2. Значения минимального допустимого тока нагрузки ТКСУ (на примере тиристоров типа T2-320) при заданной вероятности P.

Полученная зависимость может быть использована для определения совместимости тиристорov конкретного типа с силовым трансформатором заданной мощности. Как известно, у современных силовых трансформаторов класса 10—35 кВ ток холостого хода составляет доли ампера и только у достаточно мощных трансформаторов он составляет один ампер и более, тогда как  $I_{н.кр.}$  у мощных тиристорov может достигать 5...10 А (табл. 1). Воспользовавшись известными значениями токов холостого хода силовых трансформаторов ( $U_n = 35$  кВ) различных мощностей и обратившись к зависимости рис. 2, обнаружим, что обеспечить нормальную работу ТКСУ (на примере Т2-320) можно лишь с трансформаторами мощностью свыше 6300 кВА, да и то с очень небольшой вероятностью (табл. 2). Положение усугубляется еще и тем, что по условиям обеспечения перегрузочной способности трансформатора и устойчивости его к к. з., приходится выбирать мощные тиристоры с большим запасом по току, имеющих обычно более высокие значения  $I_{н.кр.}$

Таблица 1

Статические токи управления и критические токи нагрузки силовых тиристорov некоторых типов

Тип тиристора	$I_y$ , А (справочные)	$I_y$ , А (при вероятности $p=0,99$ )	$I_{н.кр.}$ , А
Т-50	0,3	0,075	2,2
Т-160	0,3	0,20	6,5
ТД-250	0,6	0,14	5,6
Т2-320	0,4	0,22	8,9

Таблица 2

Параметры холостого хода и вероятности нормальной работы с ТКСУ трехфазных двухобмоточных трансформаторов общего назначения

	$S_n$ , кВА ( $U_n = 35$ кВ)						
$S_n$ , кВА	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000
$I_n$ , А	16,5	26,5	41,5	66,0	104	165	265
$I_{хх}$ , %	1,5	1,4	1,1	1,0	0,9	0,8	0,6
$I_{хх}$ , А	0,25	0,37	0,46	0,66	0,94	1,32	1,59

Вероятность нормального режима, не более (для Т2-320)

$P$	—	—	—	—	0,1	0,25	0,35
-----	---	---	---	---	-----	------	------

Отсюда следует вывод о необходимости принятия специальных мер для предотвращения опасности намагничивания трансформаторов практически всех приемлимых для работы с тиристорным РПН мощностей. Авторами предложены некоторые такие меры. Например, для ТКСУ, установленном на одном из ответвлений, могут быть подобраны тиристоры с одинаковыми значениями  $I_y$ , а схема управления РПН должна быть снабжена датчиком тока нагрузки и дополнительным логическим блоком, обеспечивающим запирающие тиристоры всех других ответвлений, кроме данного при уменьшении тока нагрузки ниже  $I_{н.кр.}$  [4]. Другим вариантом решения проблемы может быть автоматическое шунтирование ТКСУ (при уменьшении тока нагрузки ниже  $I_{н.кр.}$ ) маломощным контактным аппаратом, рассчитанным на ток холостого хода трансформатора, например герсиконом [5].

При использовании специальной схемы силовой части тиристорного РПН [6], в которой предусмотрено шунтирование всего тиристорного блока быстродействующим вакуумным контактором при аварийных перегрузках в цепи нагрузки, возможно также применение того же вакуумного контактора, срабатывающего по сигналу дополнительного блока контроля минимального тока.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич В. И. Применение тиристорного ключа с самоуправлением в качестве коммутирующего элемента статистического устройства РПН.—Вестник ХПИ, 1983, вып. 11, № 203, с. 47—50.
2. Гуревич В. И., Савченко П. И., Покатаев А. И. Исследование работы встречно-параллельно включенных тиристоров с самоуправлением.—Техническая электродинамика, 1982, № 1, с. 29—34.
3. Гуревич В. И., Жуковский Ю. В., Савченко П. И. Вероятностные характеристики статических токов управления силовых тиристоров.—В кн.: Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. М., 1983.
4. А. с. 922886 (СССР). Устройство для бесконтактного переключения, ответвлений силового трансформатора. /Авт.: И. В. Гуревич, П. И. Савченко.—Опубл. в Б.И. № 15, 1982 г.
5. Кобленц М. Г. Силовые герконы.—М.: Энергия, 1979,—176 с.
6. А. с. 1051510 (СССР). Устройство для регулирования переменного напряжения /Авт.: В. И. Гуревич.—Опубл. в Б.И. № 40, 1983 г.