

Касьянов Александр Олегович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: kasao@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634388844; кафедра антенн и радиопередающих устройств; профессор.

Суматохин Константин Витальевич – e-mail: sum_k_v@mail.ru; тел.: +79198711194; кафедра антенн и радиопередающих устройств; аспирант.

Kasyanov Alexandr Olegovich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: kasao@mail.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: 88634388844; the department of antennas and radio transmitters; professor.

Sumatokhin Constantin Vital'evich – e-mail: sum_k_v@mail.ru; phone: +79198711194; the department of antennas and radio transmitters; postgraduate student.

УДК 62-799

А.М. Пашаев, Р.Н. Набиев, Г.И. Гараев

СХЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОВРЕМЕННОГО ОТКРЫВАНИЯ ДВУХ ИЛИ БОЛЕЕ СИМИСТРОВ

Рассматривается один из вариантов решения вопроса предотвращения одновременного включения двух или более симистров, где в качестве датчика напряжения используется сам симистор, а в качестве оптического трансформатора напряжения применяется оптрон.

Разработана схема защиты от одновременного открывания двух или более симистров, имеющая определенные преимущества, заключающиеся в том, что уменьшается вероятность возникновения аварийной ситуации, а управляющий сигнал снимается только после аварии. Применение разработанной схемы наиболее эффективно, когда в схеме кроме симисторов используется силовой быстродействующий электронный ключ, который выключает всю схему.

Симистор; электронный ключ; быстродействующий; аварийной ситуации; электрическая схема.

A.M. Pashayev, R.N. Nabiyev, Q.I. Qarayev

THE SCHEME OF PROTECTION AGAINST SIMULTANEOUS OPENING OF TWO OR MORE TRIACS

In given article one of variants of the solution of a question of prevention of simultaneous insert of two or more triacs where as the voltage data unit it is used itself triac is considered, and as the optical transformer of a voltage the optron is applied.

The circuit design of protection against simultaneous opening of two or more triacs, having the certain advantages, consisting that the probability of occurrence of an emergency decreases is developed, and the control signal take off only after failure. Application of the developed circuit design most effectively when in the plan except triacs the power high-speed electronic key which un gears all circuit design is used.

Triac, an electronic key; high-speed; an emergency; a circuitry.

В электронных стабилизаторах, работающих по принципу ступенчатого регулирования для подключения в сеть соответствующую обмотку автотрансформатора, используют симисторные ключи. Для включения выбранного следующего симистора необходимо однозначно убедиться, что все симисторы закрыты.

Переключение отводов автотрансформатора должно производиться в моменты прохождения тока через ноль, когда открытый перед этим тиристор гарантированно закрылся. Только в этом случае переключение произойдет безболезненно. В противном случае может получиться ситуация, когда одновременно окажутся подключенными два вывода автотрансформатора, что приведет к короткому замыканию и к перегрузке или повреждению открытых тиристоров [1]. Есть способы определения включенного (ON) или выключенного (OFF) состояния симистора по току нагрузки, который течет через него [2]. Известные схемы, которые определяют ON или OFF состояние симисторов по нулевому значению тока, имеют недостатки. Например, в результате использования схемы с датчика тока, который подключается последовательно с симистором (или, встречно-параллельными включенными тиристорами), появляются дополнительные потери [1]. В другой схеме, когда сигнал снимается с управляющего электрода (УЭ) при отсутствии управляющего напряжения приходится усиливать полезный сигнал, который находится на уровне шумов [3]. В результате, с усложнением схемы, дополнительно появляется зависимость управляющего сигнала от температуры.

В цепи синусоидального тока можно определить соответствующее ON или OFF состояние симистора по напряжению в его основных электродах и предотвратить одновременное включение двух или более симистров. В [4] дана схема датчика состояния симистора, где цепь управления симистора имеет гальваническую связь с высоковольтной цепью. В данной работе рассматривается один из вариантов решения этого вопроса, где в качестве датчика напряжения используется сам симистор, а в качестве оптического трансформатора напряжения применяется оптрон, который одновременно решает два вопроса:

- ◆ с помощью оптрона с симистора снимается напряжение, определяющее его состояние;
- ◆ обеспечивается гальваническая развязка между силовой и низковольтной частями схемы.

Можно определить одновременное включение двух или более симистров, пользуясь резким изменением значений тока или напряжения в случае короткого замыкания (КЗ) в их цепях. Схема защиты от одновременного включения двух или более симистров описана в [2]. Когда два или более симисторов включаются одновременно, в обмотках автотрансформатора, куда они подключены, произойдет внутреннее КЗ. В описанной схеме пользуются значением тока, который резко изменяется при КЗ. В линии соединений, с выводами автотрансформатора N симисторов, включаются $N - 1$ токовые датчики (ТД), в качестве которых применяются токовые трансформаторы. В зависимости от числа КЗ обмоток, в сигнальных обмотках одной или более ТД создается напряжение. Это напряжение логически суммируется и через делитель напряжения подается на вход схему сравнения (СС). Порог срабатывания СС можно регулировать при помощи делителя. Чтобы за счет большого пускового тока при включении мощных нагрузок СС не сработала, в схеме предусмотрена искусственная задержка.

ТД состоит из одной обмотки, намотанной на ферритовое кольцо. Таких трансформаторов в готовом виде нет в продаже, а изготовление их требует много времени. Поэтому, было решено отказаться от токовых трансформаторов и вместо них применить оптроны, в качестве оптического трансформатора напряжения.

В открытом состоянии падение напряжения на симисторе становится меньше 2 В. В зависимости от момента, когда симистор закрывается, напряжение на его основных электродах может иметь любое значение в диапазоне $\sim 0 \div 300$ В (это имеет место в индуктивных или емкостных нагрузках, где ток и напряжение отличаются по фазе).

Если принять, что при открытом состоянии на симисторе падает напряжение $\sim 0 \div 2V$, а это соответствует логическому нулю (“0”) и при закрытом состоянии на симисторе падает напряжение $\sim 2 \div 300V$, а это соответствует логической единице (“1”), тогда можно построить таблицу истинности (табл. 1), показывающую ON/OFF состояние N симисторов, в зависимости от выходного напряжения на компараторах (“0” или “1”).

Таблица 1

Варианты	Логическое состояние выходов N компараторов				Состояния выхода N+1 комп.
	1	2	...	N	
1	1	1	...	1	1
2	0	1	...	1	1
3	0	0	x	1	0
4	0	1	x	0	0
5	0	0	x	0	0

Как видно из таблицы, когда все симисторы закрыты (1-й вариант), или только один из них находится в открытом состоянии (2-й вариант), на выходе СС устанавливается логическое “1”. При открытом состоянии более одного симистора на выходе СС устанавливается логический “0” (3, 4 и 5-е варианты). Чтобы контролировать N симисторов, применено N оптронов и N+1 компараторов (рис. 1). Один из входов каждого N компаратора непосредственно соединяют с выходами оптронов. Они служат одновременно, как пороговые элементы и усилители выходных сигналов оптронов. Порог срабатывания последнего N+1-го компаратора выбирается так, чтобы при открывании двух или более симисторов, на его выходе создавалось напряжение.

Преимущества применяемой схемы следующие:

- ◆ информацию о состоянии симистора получают от самого симистора, поэтому дополнительная потеря в схему не добавляется;
- ◆ можно определить одновременное открывание двух или более симисторов в начальном этапе, т.е. не надо ждать пока ток не повысится до максимального значения после аварии;
- ◆ не нужна искусственная задержка при включении мощных нагрузок, так как схема реагирует не на максимальное значение тока, а на открытое состояние двух или более симисторов.

Схема сравнения определяет состояние симисторов по логике, представленной в табл. 1 и построена на основе суммирующих схем, применяемых в ЦАП. Принципиальная электрическая схема, выполняющая эту функцию, получается относительно сложной, если она построена на логических элементах (например, на основе «исключающие ИЛИ»). Электрическая схема предложенного устройства приведена на (рис. 1).

Как видно из рисунка, для определения состояния симистора, в качестве информации используется напряжение, которое падает между основными электродами симистора. К основным электродам симистора с помощью резистора сопротивлением 100 кОм подключается вход оптрона. Это означает, что используемый ток входной цепи оптрона не достигает третьей части его максимально-допустимого значения. Вход оптрона рассчитан на переменный ток и состоит из двух встречно-параллельно включенных светодиодов, а его выход – биполярный n–p–n-транзистор.

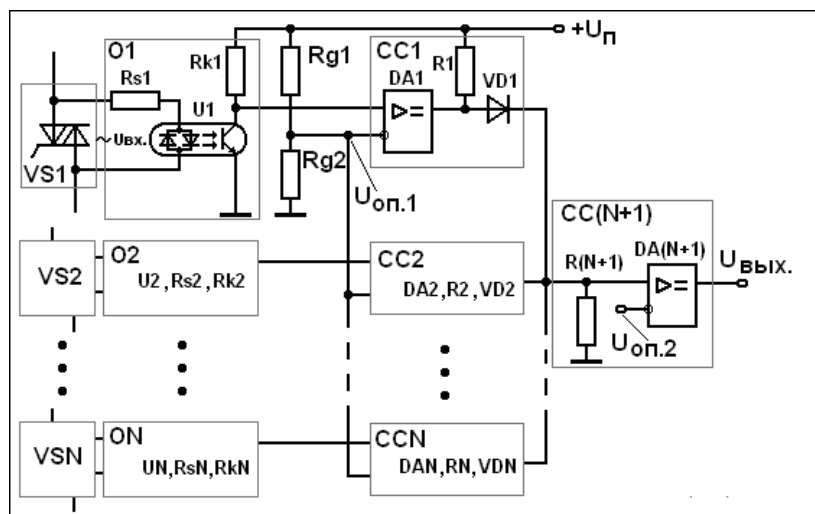


Рис. 1. Электрическая схема блока сравнения

Выходное напряжение оптрона сравнивается пороговым напряжением компаратора (рис. 2).

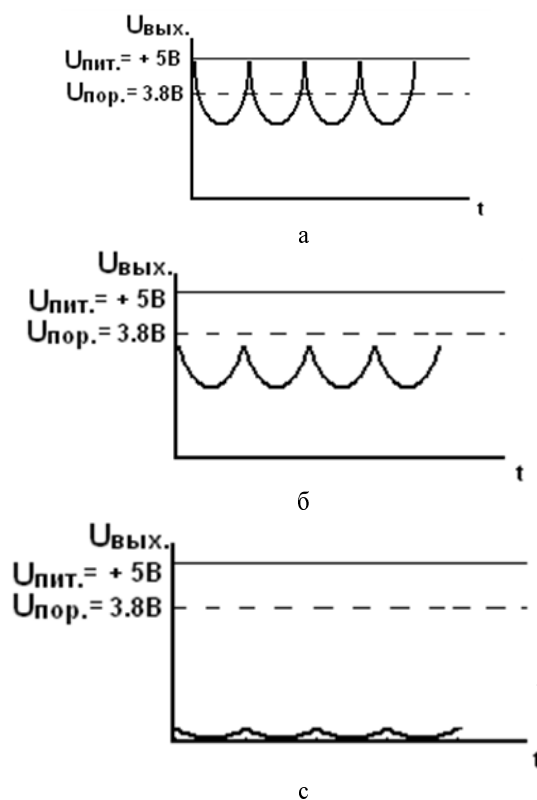


Рис. 2. Графики выходных напряжений оптрона, соответствующие нескольким уровням сетевого напряжения относительно порогового напряжения компаратора: а – $U_{вх.} \approx 8 В$; б – $U_{вх.} \approx 20 В$; с – $U_{вх.} \approx 200 В$

Как видно из рис. 2, при превышении напряжения на закрытом симисторе $\sim 20 \text{ В}$, выходное напряжение оптрона снижается ниже порога срабатывания компаратора.

Выходы компараторов, применяемых в СС, открытые коллекторы и сопротивления всех подключенных к ним резисторов R_1, R_2, \dots, R_N (см. рис. 1) равны. Когда все симисторы закрыты, падение напряжения на сопротивление $R(N+1)$, где с помощью диодов суммируются выходные напряжения компараторов, становится равным нулю. Поскольку это напряжение приложено к неинвертирующему входу компаратора $DA(N+1)$, его выходное напряжение также равняется нулю:

$$U_{\text{вых.}} = 0.$$

При помощи следующих формул можно вычислить значение напряжения, которое падает на сопротивление $R(N+1)$, для каждого случая, когда открыты 1, 2, ..., N симисторов:

$$U_1 = \frac{1}{2} (U_n - U_d) \quad (1.1)$$

$$U_2 = \frac{2}{3} (U_n - U_d) \quad (1.2)$$

...

...

$$U_N = \frac{N}{N+1} (U_n - U_d). \quad (1.N)$$

Как видно из этих формул, при включении одного симистора, напряжение на сопротивлении $R(N+1)$ изменяется от нуля до $0,5(U_n - U_d)$, и увеличением числа одновременно включенных симисторов оно приближается к $(U_n - U_d)$. Управляя порогом срабатывания компаратора $DA(N+1)$, можно определить количество одновременно включенных симисторов и предотвратить аварийную ситуацию. Так как мерой для предотвращения аварийной ситуации является блокировка управляющих напряжений всем симисторам, можно выполнять эту операцию, когда включается только один симистор. Если до прихода следующей полуволны произойдет авария, запрещается подача управляющих сигналов всем симисторам, пока все они не выключатся.

Таким образом, предлагаемую схему можно применить в двух вариантах:

- ◆ первый, она снимает управляющие сигналы при каждой полуволне, как только включается один симистор;
- ◆ второй, она запрещает подачу управляющих сигналов при одновременном включении двух или более симисторов.

Преимущество первого варианта заключается в том, что уменьшается вероятность возникновения аварийной ситуации. Во втором варианте, только после аварии снимается управляющий сигнал. Применение этих вариантов наиболее эффективно, когда в схеме кроме симисторов используется силовой быстродействующий электронный ключ, который выключает всю схему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володин В.Я. Компенсатор отклонения напряжения сети // Радио Хобби. – 2004. – № 1. – С. 25-29.
2. Paşayev A.M., Nəbiyev R.N., Qarayev Q.İ. Simistorlu stabilizatorlarda yüksək cəldlikli elektron qoruyucusu // MAA-nın elmi əsərləri. – 2007. – № 2. – P. 3-10.
3. Пашаев А.М., Касимов Ф.Дж., Набиев Р.Н., Гараев Г.И. Исследование симистора в качестве датчика тока в схеме «нуль органа» // Вопросы специальной радиоэлектроники. – 2009. – Вып. 2. – С. 118-128.
4. Володин В.Я. Экономичное управление симистором // Радио. – 2003. – № 6. – С. 27-28.

5. *Годин А.В.* Стабилизатор с микроконтроллерным управлением 120–270 вольт (6 ступеней) с точностью на выходе 205-235 вольт для активно-индуктивной нагрузки до 6 кВт. – Приложение к статье В.Я. Володина «Компенсатор отклонения напряжения сети» // Радио Хобби. – 2004. – № 1.
6. www.Ntpo.com/electronics.

Статью рекомендовала к опубликованию д.т.н., профессор Г.В. Горелова

Пашаев Ариф Мир Джалал оглы – Национальная авиационная академия Азербайджана; e-mail: rasimnabiyeu@yahoo.com; AZ-1045, г. Баку, Бина 25-й км; тел.:+994124972829; д.ф.-м.н.; профессор; академик Национальной академии наук Азербайджана; ректор Национальной авиационной академии Азербайджана.

Набиев Расим Насиб оглы – тел.:+994124972632; д.т.н., нач. отд. авиационной электроники НИИ ТАП Национальной академии авиации Азербайджана.

Гараев Гадир Исахан оглы – аспирант.

Pashayev Arif Mir Djalal ogly – Azerbaijan National Aviation Academy; e-mail: rasimnabiyeu@yahoo.com; AZ-1045, Baku, Bina 25th km; phone: +994124972829; dr. of eng. sc.; professor, Academician of the National Academy of Sciences of Azerbaijan; rector of Azerbaijan National Aviation Academy.

Nabiyeu Rasim Nasib ogly – phone: +994124972632; dr. of eng. sc.; head of Aviation Electronics department of Institute of National Aviation Academy of Azerbaijan.

Garayev Gadir Isaxan ogly – graduate student.

УДК 681.51:518.5

Т.А. Пьявченко

РЕГУЛЯТОР БЕЗ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

В работе обосновывается необходимость применения компенсирующей обратной связи, охватывающей ПИ регулятор. Цель применения этой обратной связи заключается в устранении в регуляторе дифференциальной составляющей и значительном улучшении показателей качества управления по сравнению с ПДД и ПИДД² алгоритмами. Для подтверждения выдвинутого тезиса рассматривается тот же пример, что и для указанных алгоритмов. Преимущества предлагаемого устройства управления по надежности и экономической эффективности становятся ещё более очевидными при его реализации в микроконтроллере, поскольку позволяет легко подстраиваться под любой объект управления, не требует усилителя мощности в исполнительном блоке и ослабляет износ механических частей системы благодаря отсутствию колебаний в переходном процессе.

Микроконтроллер; компенсирующая обратная связь; улучшение показателей качества; повышение надежности и экономической эффективности.

Т.А. Pyavchenko

REGULATOR WITHOUT THE DERIVATIVE COMPONENT FOR CONTROL OF THE INDUSTRIAL OBJECTS

Necessity of application of a compensating feedback for the Pi-regulator is proved in work. The purpose of application of this feedback consists in elimination in a regulator of a derivative component and considerable improvement of indicators of quality of control in comparison with PDD and PIDD² algorithms. For acknowledgement of the put forward thesis the same example, as for the specified algorithms is considered. Advantages of an offered control device on reliability