



Простые, на первый взгляд, устройства под названием стабилизаторы незаменимы, когда пониженное или завышенное сетевое напряжение не обеспечивает нормальную работоспособность бытового и промышленного оборудования.

Владимир СКЛЯР

Стабилизаторы как зеркало качества напряжения

Основное свойство стабилизаторов состоит в том, что при относительно невысокой цене эти устройства способны поддерживать переменное напряжение на нагрузке в заданном диапазоне вблизи 220 В при достаточно широких пределах его изменения на входе. Именно поэтому они востребованы как в частном, так и в коммерческом секторе.

Эту же задачу, хотя и несколько по-иному, решает также близкий класс устройств, известных как источники бесперебойного питания (ИБП). Они также поддерживают стабильное напряжение на нагрузке при его колебаниях на входе в определенных пределах. Однако благодаря наличию аккумуляторных батарей питание потребителей осуществляется также и при полном пропадании сети или поступлении из нее напряжения, уровень которого выходит за нормированный диапазон. Для этого в нужный момент времени нагрузка переключается на питание от аккумуляторной батареи, которая в течение некоторого времени способна поддерживать нормированный уровень выходного напряжения. ИБП дороже стабилизаторов и предназначены,

в первую очередь, для обеспечения работы компьютерного оборудования, где сбой по питанию чреват потерей информации или выходом его из строя.

Отрасль стабилизаторов напряжения относится к одной из немногих сфер, где доминируют отечественные производители. Хотя на рынке есть также предложения из Китая, Италии, Турции. Трудно сказать, есть ли потребность в подобных устройствах в развитых странах. Возможно, они уже перешли в постиндустриальную фазу развития общества, где напряжение в сети всегда стабильно ☺. Зато у них другие проблемы ☹. Но многие страны все еще продолжают свои мытарства по тропам научно-технической революции. В связи с этим нет ничего удивительного в том, что отечественные производители стабилизаторов успешно предлагают свою продукцию также и в постсоветских странах, население которых также сталкивается с проблемами нестабильности сетевого напряжения.

Что такое стабилизатор?

Стабилизатор переменного напряжения — это устройство, которое обеспечивает поддержку напряжения на нагрузке в узком нормированном

диапазоне при ее изменении на входе системы в гораздо более широких пределах, нередко превышающих определяемый стандартом диапазон $220\text{ В} \pm 10\%$ (198–242 В). Речь идет о допустимой величине отклонения действующего значения напряжения в стационарном режиме. Согласно стандарту IEC 60038:2009, сетевое напряжение должно составлять $230\text{ В} \pm 10\%$ при частоте $50 \pm 0,2$ Гц. Тем не менее системы 220 В и 240 В до сих пор продолжают применять. Так, в правилах устройства электроустановок (ПУЭ) продолжает фигурировать величина 220 В, но фактически напряжение в сети варьируется от 190 до 250 В. При этом ДСТУ 13109 регламентирует отклонение $\pm 10\%$ от номинального напряжения 220 В. А ГОСТ 29322-92 (МЭК 38-83) утверждает, что сетевое напряжение должно составлять 230 В.

В данной статье мы будем рассматривать наиболее распространенные однофазные стабилизаторы низкого сетевого напряжения 220/230 В. Хотя на рынке представлены также трехфазные устройства и системы среднего уровня напряжения (6–10 кВ) для промышленного применения.

Стабилизаторы рассчитываются на различные условия работы. Им приходится как повышать напряжение, так и понижать его, ведь иногда длинные линии электропередачи приводят к его ощутимому падению, но бывает, что в непосредственной близости от трансформаторных подстанций напряжение превышает верхний допустимый предел.

Если рассмотреть внутреннее строение стабилизаторов дискретного типа (релейных или симисторных), то окажется, что они очень похожи на линейно-интерактивные ИБП, из которых удалены аккумуляторная батарея (если таковая в них имеется) и инвертор. В результате это и будет простой симисторный стабилизатор напряжения дискретного типа. Не самый хороший, скажем так: отводов от трансформатора у него маловато (как правило, 2 или 3), но функции повышения и понижения напряжения он выполнять будет. Ступенчато, как и положено линейно-интерактивному источнику.

Конечно же, мы не призываем покупать ИБП и «раскурочивать» его до уровня стабилизатора. Лучше приобретать специализированные изделия. Тем более что производителей таковых в нашей стране много. В любом случае, если величина сетевого напряжения колеблется в достаточно широком диапазоне или оборудование требует исключительно 220 В, то без стабилизатора не обойтись. Конечно, можно было бы порекомендовать ИБП с двойным преобразованием или линейно-интерактивный источник с внешним аккумулятором, но стабилизатор — это проще и дешевле. Во многих случаях он вполне устраивает потребителей.

Классификация стабилизаторов

Для построения стабилизаторов переменного напряжения используются различные идеи, среди которых есть как сравнительно новые, так и хорошо известные на протяжении многих десятилетий. Все они имеют свои достоинства и недостатки, а также сторонников среди производителей.

Стабилизаторы бывают низко-го (220 В) и среднего сетевого напряжения (6–10 кВ), однофазные и трехфазные. По принципу регулирования эти устройства делятся на системы дискретного (ступенчатого) регулирования и плавного. К дискретным системам относятся устройства симисторного (тиристорного) и релейного типов, к плавным — сервоприводные (или электромеханические) и феррорезонансные.

На практике чаще всего применяются *сервоприводные* системы, а также устройства дискретного типа регулирования — *симисторные* и *релейные*. В них для коррекции выходного напряжения всегда используется *автотрансформатор*. В системах плавной регулировки вдоль его обмотки перемещается токосъемный механизм, управляемый серводвигателем. В системах дискретного типа используется система отводов от автотрансформатора, благодаря которой напряжение на нагрузку подается с некоторым дискретным шагом. Чем больше отводов, тем меньше скачки напряжения и выше точность коррекции. Погрешность дискретных стабилизаторов составляет $\pm(1-8)\%$. При этом симисторные схемы обеспечивают быстрое переключение обмоток автотрансформатора в точке перехода синусоидального напряжения через нулевое значение. Релейные схемы в принципе могут делать то же самое, вот только не всегда быстродействие релейных механизмов позволяет это выполнить. Хотя релейные схемы имеют свои преимущества, в частности, выдерживают более высокий уровень перегрузок.

Структура рынка стабилизаторов

В отличие от тех сегментов рынка, в которых доминирует реализация продукции для корпоративных потребителей, здесь мы имеем картину несколько иную. Напомним, стандартная схема продаж состоит из цепочки «производитель» — «дистрибьютор» — «дилер/интегратор». Для близкого, казалось бы, рынка ИБП компании-участники, как правило, объединяют в одном лице

функции дистрибуции и реализации конечным потребителям, а при необходимости и интеграции решений.

Украинский рынок стабилизаторов отличается прежде всего тем, что имеет ярко выраженную потребительскую доминанту и направлен в основном на удовлетворение запросов частных домовладений. Но отличие не только в этом. Потребность в данном типе продукции характерна для стран, имеющих проблемы с качеством напряжения, предоставляемого конечным потребителям. Так, стандарт определяет, что величина напряжения, которое доводится до конечного пользователя, должна составлять $220\text{ В} \pm 10\%$ или 198–242 В. Однако в ряде случаев это требование не выполняется, что и заставляет потребителей устанавливать бытовые стабилизаторы напряжения.

Кроме того, если мы обратимся к анализу производителей этого оборудования, то увидим, что стабилизаторы выпускают в основном украинские производители и компании, которые относятся к условной группе «китай». Более того, достаточно весомая часть оборудования украинских компаний также «производится» вовсе не в Украине, но при этом имеет на лицевой панели украинскую торговую марку и продвигается под украинским брендом. Ну да ладно — мы не имеем возражений против этого подхода. Просто в таких масштабах он выглядит довольно непривычно. Ведь если на рынок заходит продукция известного мирового бренда, то скрывать его имя никто не станет — это ведь дополнительная возможность заработка на известности товара. Но, по всей видимости, заводы-изготовители, выпускающие стабилизаторы или базовые компоненты для них, находятся в далеких странах и зачастую даже не имеют права импортировать свои товары напрямую. Последнее характерно для КНР.

Кроме традиционных схем поставок, в последние годы небывалое развитие получили интернет-магазины. Обычно они выполняют функции партнеров компаний-дистрибьюторов иностранной продукции и отечественных производителей.

Таблица 1. Производители и торговые марки однофазных стабилизаторов, поставляемых на украинский рынок

Производитель, ТМ	Тип стабилизатора	Модель стабилизатора	Диапазон мощности, кВА
Донстаб	Симисторные	СНПТО	1,3–70
Прочан	Симисторные	Awattom	0,5–35
РЭТА	Симисторные	Breeze	5,5–11
		Normic	2,5–25
		Shteel	1,0–25
		Calmer	6,5–25
		Flagman	6,5–20
Укртехнология	Симисторные	Universal, Standard, Optimum+, Norma, Infinity	3–35
Электромир-Киев (ТМ Volter)	Релейные	Volter	0,25–2,2 ^{*)}
	Симисторные	Volter	2,2–27,0
		Volter Home Line (HL)	4–11
	Бесступенчатые	Volter Etalon	7–27
Элекс	Релейно-симисторные	Гибрид	5,5–8,8
	Тиристорные	Ампер	5,5–9,0
		Герц	5,5–22
Элим-Украина	Сервоприводные	СНАП	0,5–10
		СНАН	3–12
		СНАШ	15–20
		Премиум	0,5–10
	Феррорезонансные	СНАФ	1,0–20,0
Элвис Украина	Релейные	DOMO, DOMO S	0,35–1,5 ^{*)}
	Сервоприводные	SERVO	0,5–30
	Феррорезонансные	TERRA	9,0
Forte	Релейные	MAX, TVR, SR, TDR, PR, ACDR	0,35–7 ^{*)}
	Сервоприводные	SDC, IDR	2,4–7
Gemix	Релейные	GX, GMX, GDX, WMX	0,5–10
IEK	Релейные	СНР1, Extensive	0,5–10, 3–10
	Сервоприводные	СНИ1	0,5–15
	Симисторные	Prime	0,5–10
LogicPower	Релейные	LPT, LPH	0,5–10
	Сервоприводные	LPM, LPH	0,5–30
LVT	Релейные	ACH	0,25–0,6 ^{*)}
	Симисторные	ACH	0,35 ^{*)}
	Бесступенчатые	СПП	0,3 ^{*)}
Luxeon	Релейные	LDR, SDR, SVR, LDW, FDR, WDR, KDR, MAR, EW	0,35–12 ^{*)}
	Сервоприводные	LDS, WDS, A1S, KDF, SVR, EWS	0,35–14 ^{*)}
	Симисторные	EDR, EWR	0,35–7 ^{*)}
NTT Stabilizer	Сервоприводные	SOHO; DVS	8,8–22; 5,5–35
ORTEA	Сервоприводные	Vega	0,3–25 ^{*)}
		Antares	15–135
Powercom	Релейные	TCA	0,5–3,0
	Бесступенчатые	HI-AVR	5–20
Rucelf	Сервоприводные	SDF, SDF-II, SDW, SDW-II, SDV, SDV-II	0,5–40
	Релейные	SRF2, SRW2	0,5–12
Schneider Electric	Релейные	LE, LS	0,6–1,2 ^{*)}

^{*)} Примечание: здесь мощность указана в кВт

В конечном счете для продавца не так важна страна-изготовитель и расположение завода, как возможность получить товар и реализовать его по приемлемой цене.

Во всем изложенном нет ни капли новизны, если рассматривать эти рассуждения абстрактно, но в данном случае мы имеем конкретный сегмент рынка стабилизаторов,

и здесь необходимо понимание его особенностей.

Ведущие государства, которые движутся в постиндустриальном направлении (внимательно штудируем труды Элвина Тоффера), вряд ли испытывают проблемы с нестабильностью напряжения в такой же степени, как Украина и другие постсоветские страны. Поэтому неудивительно, что продукция, выпущенная на наших предприятиях, может успешно продаваться на рынках стран бывшего Союза. Справедливо и обратное — продукция, выпускаемая в странах ближнего зарубежья, вполне может попадать на отечественный рынок и предлагаться здесь под украинскими торговыми марками.

И напоследок. Есть такое понятие, как OEM-производство, когда предприятие заказывает производителю продукцию под своей торговой маркой, регламентируя нередко определенные особенности, которые должны быть присущи товару. Это общемировая практика. Другое дело, что такая компания обычно выставляет себя производителем, что не совсем точно. Скорее, это разработчик ТЗ и владелец торговой марки. Но это уже детали.

Беглый анализ предложений на украинском рынке стабилизаторов позволяет зафиксировать *более полусотни производителей и торговых марок*. Некоторые из них представлены в **табл. 1**. Это достаточно впечатляющий список. Но поскольку перед нами не стоит задача «объять необъятное», то постараемся ограничить себя рассмотрением крупных отечественных производителей, а также компаний, в спектре продукции которых встречаются однофазные системы мощностью не менее 20–30 кВт, а также трехфазные решения.

Селекция брендов выполнена благодаря изучению предложений ведущих украинских производителей, а также номенклатуры продукции, предлагаемой через интернет-магазины страны.

Отметим также, что при выполнении подобных исследований аналитический отдел редакции проводит анкетирование участников рынка, позволяющее уточнить характеристики продукции, выявить новинки и наиболее популярные модели.

В этот раз подобная работа также была проведена, хотя уточняющие комментарии удалось получить не по всем брендам.

Существует также достаточно большой список стабилизаторов, которые не вошли в таблицу. Ибо, как говорили классики, нельзя объять необъятное. Сюда относятся Greenware, Defender, Mustek, PowerWalker, PrologiX, PULS, REAL-EL, Servomatik, SinPro, Sturm, Sven, Vitals, «Электростиль», «Энергомаш», «Мережик», «Новатек-Электро», «Протон», «Стабик», «АСКО-УКРЕМ», «Вольт», «ДИА-Н», «Дніпро-М», «Струм».

Трехфазные стабилизаторы, доступные на украинском рынке, представлены, в свою очередь, в табл. 2.

Передаточная характеристика

Перед тем как рассматривать особенности реализации различных типов стабилизаторов напряжения, следует оговорить смысл некоторых важных параметров, которые используются производителями для характеристики выпускаемых устройств. Так, для обозначения пределов рабочих напряжений используются понятия «нижний и верхний **предельные пороги входного напряжения**», а также «нижний и верхний пороги **стабилизации рабочего напряжения**».

Чтобы понять их суть, посмотрим на рис. 1, на котором приведена типовая передаточная характеристика стабилизатора. **Рабочий диапазон** стабилизации задает здесь пределы изменения входного напряжения, в которых устройство выполняет функции стабилизации выходного напряжения.

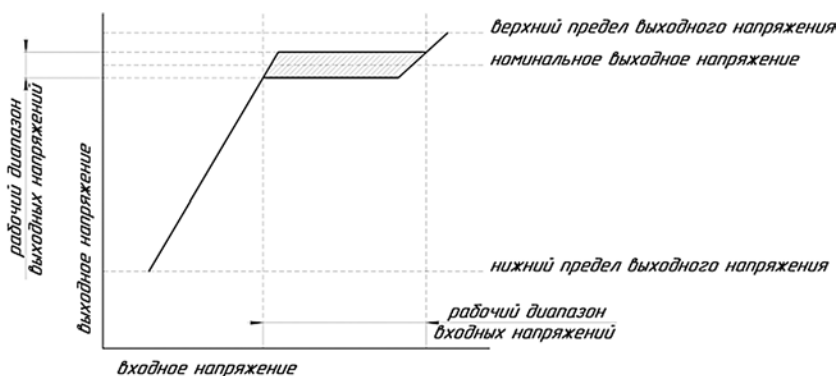


Рис. 1. Типовая передаточная характеристика стабилизатора напряжения

Таблица 2. Производители и торговые марки трехфазных стабилизаторов напряжения

Производитель, ТМ	Тип стабилизатора	Модель стабилизатора	Диапазон мощности, кВА
Укртехнология	Симисторные	Optimum, Infinity, Standard, Universal	15–60
Элим-Украина	Сервоприводные	СНАЗШ, СНАЗС	1,5–100
Элекс	Симисторные	Ампер	16,5–27
		Герц	13,5–105
Электромир-Киев (ТМ Volter)	Симисторные	Volter	6–200
	Бесступенчатые	Volter Etalon	30–100
Powercom	Бесступенчатые	AVR-33	15–100
Элтис-Украина	Сервоприводные	SERVO	10,5–45
РЭТА	Симисторные	Strong	100–300
		Normic, Shteel, Calmer	16,5–100
ORTEA	Сервоприводные (электродинамические)	Orion	2–260
		Orion Plus	30–1000
		Sirius	60–6000
Rucelf	Сервоприводные	LTC-3, SDV-3	50–1000
IEK	Сервоприводные	СНИЗ	3–30
Forte	Сервоприводные	PDR	10–30
NTT Stabilizer	Сервоприводные	DVS 33	3,3–2200
Luxeon	Сервоприводные	A3S	10–70
LogicPower	Сервоприводные	ZTY	10

При этом **предельный диапазон** входных напряжений, как правило, несколько шире. Собственно, стабилизация гарантированно осуществляется лишь в указанном диапазоне рабочих напряжений, за пределами которого регулировка уже не выполняется. Это значит, на краях рабочего диапазона стабилизации ползунок серводвигателя (если мы говорим об электромеханических устройствах) доходит до своих крайних пределов. В дискретных схемах регулирования этим позициям будут соответствовать крайние положения подключаемых обмоток автотрансформатора.

Вне рабочего диапазона входных напряжений стабилизатор, тем не менее, продолжает еще питать нагрузку, хотя, как видно из рис. 1, напряжение при этом будет выходить за пределы номинального рабочего диапазона $220 \pm \Delta V$.

Если же значения входного или выходного напряжения выйдут за рамки предельных значений, стабилизатор, как правило, отключит нагрузку. Хотя в некоторых устройствах это происходит лишь при достижении верхнего предельного порога (напряжение отсечки).

Устройство сервоприводного стабилизатора

Главное достоинство сервоприводных систем состоит в плавности регулировки выходного напряжения. При необходимости выполнить корректировку (это решение принимает контроллер) включается серводвигатель, который перемещает токосъемный механизм вдоль обмоток автотрансформатора в ту или иную сторону в зависимости от того, надо повысить напряжение или понизить его.

Работу устройства проиллюстрируем на базе описания, почерпнутого

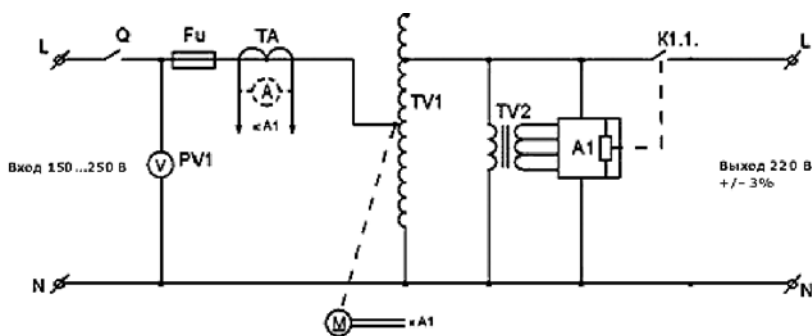


Рис. 2. Схема сервоприводного стабилизатора напряжения (по материалам компании «Элим-Украина»)

из документации на сервоприводные стабилизаторы компании «Элим-Украина» (рис. 2). Блок управления и защиты А1 служит здесь для контроля входного и выходного напряжений, а также формирования управляющих импульсов для работы серводвигателя постоянного тока, который перемещает щеточный контакт по обмоткам автотрансформатора, поддерживая выходное напряжение на уровне 220 В. Этот блок контролирует также критические значения напряжения, тока и температуры щеточного контактора и при необходимости отключает нагрузку от сети.

Конструктивно сервопривод состоит из реверсивного электродвигателя, расположенного внутри тороидального трансформатора, который управляется электронной платой и, по сути, задает определенное количество витков на обмотке трансформатора, питающей нагрузку. Как правило, съемный механизм имеет два щеточных токо-

емных узла, на которых расположены также охлаждающие радиаторы (рис. 3). Серводвигатель включает в себя редуктор, который нуждается в смазке. Считается, что стабилизаторы с подвижными элементами должны проходить регулярное техническое обслуживание.

Особое быстродействие для таких устройств не характерно. Однако точность регулировки впечатляет. Стандартно производители указывают $\pm 1\%$ и даже $\pm 0,5\%$. Кроме того, такие системы имеют неплохую перегрузочную способность, а также достаточно широкий диапазон стабилизации. Обычно вдоль обмотки перемещается графитовый токосъемник, выполненный в виде ползунка, который прижимается к обмотке специальным механизмом. Очевидно, что такое решение приводит к преждевременному износу токосъемника. В связи с этим в ряде систем применяются роликовые токосъемники, ощутимо продлевающие срок службы оборудования.

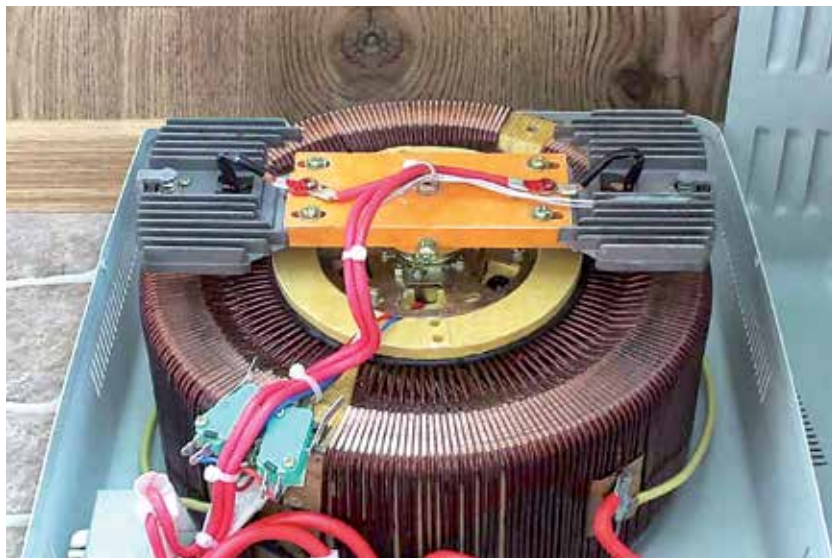


Рис. 3. Сервопривод стабилизатора напряжения Rucelf SDW-10000-D

Важно отметить, что подобные системы (их называют еще электродинамическими) используются при реализации мощных трехфазных стабилизаторов переменного напряжения (до 1 МВт и выше).

Сервоприводные стабилизаторы предлагают на украинском рынке компании «Элим-Украина», «Элтис-Украина Электротехник», Luxeon, Forte, IEK, LogicPower, NTT Stabilizer, Rucelf, ORTEA.

Rucelf

Торговая марка **Rucelf** (<http://www.rucelf.ua>) появилась на рынке в 2005 году. Она включает различную электротехническую продукцию, в том числе и однофазные стабилизаторы напряжения — релейные (SRW, SRF; 0,3–10 кВт) и сервоприводные (SDF, SDF-II, SDW, SDW-II, SDV, SDV-II; 1,5–54 кВт). Выпускаются также трехфазные сервоприводные системы SDV-3 (50–1000 кВт). На смену стабилизаторам первого поколения в 2011 году пришли улучшенные устройства второй генерации, которые обладают более широким перечнем встроенных защит (от перегрузок, перегрева и др.), наличием системы индикации сбоев и ошибок. Например, в моделях SDF-II диапазон стал шире — 125–265 В, появился также байпас. Позитивные изменения присущи другим сериям второго поколения.

Дистрибьютором Rucelf в Украине является компания «Кодус».

ORTEA

Итальянская компания **ORTEA** (<http://www.ortea.it>) выпускает одно- и трехфазные сервоприводные системы в широком диапазоне мощностей. Однофазные устройства серии Vega (0,3–25 кВА) предназначены для домашнего и офисного применений; серия Antares работает в диапазоне 15–135 кВА. Выпускаются модели с диапазонами стабилизации входного напряжения $\pm 15\%$, $\pm 20\%$, $\pm 25\%$, $\pm 30\%$, $-25\%/+15\%$, $-35\%/+15\%$ и $-45\%/+15\%$. Точность регулирования составляет $\pm 0,5\%$. Стоит отметить, что все модели стабилизаторов спроектированы с некоторым запа-

сом по мощности, превышающим ее номинальное значение.

Итальянский производитель выпускает также трехфазные серии Orion (2–260 кВА), Orion plus (30–1000 кВА), Sirius (60–6000 кВА), а также высоковольтные стабилизаторы Sirius MV6 и Sirius MV11 на напряжение 6 кВ и 11 кВ, при нагрузке от 500 до 7500 кВА.

Дистрибьютором стабилизаторов ORTEA в Украине является компания «НТТ Энергия».

NTT Stabilizer

В Украине также представлены сервоприводные стабилизаторы под торговой маркой **NTT Stabilizer** (<http://nttstabilizer.com.ua>). Под этим брендом их предлагает компания «НТТ Энергия». Однофазные устройства включают две серии: SOHO и DVS. Оборудование SOHO (8,8–22 кВт) имеет рабочий диапазон стабилизации 155–260 В. Устройства DVS (5,5–55 кВА) работают в диапазоне 160–250 В, имеют независимую систему защиты нагрузки от чрезмерно низкого и высокого напряжения, токовых и температурных перегрузок, но они в два раза дороже устройств SOHO при одинаковой мощности. Точность стабилизации при этом одинакова — 1%. В устройствах DVS применяются графитовые ролики, в отличие от конкурирующих изделий, где используются графитовые токосъемные щетки. Важно отметить, что оборудование способно выдерживать восьмикратную перегрузку.

Трехфазные модели (3,3–2200 кВА) представлены серией DVS 33.

«Элим-Украина»

Сервоприводные стабилизаторы предлагает в Украине также компания «Элим-Украина» (elim-ua.com.ua). Модельный ряд содержит переносные стабилизаторы СНАП (0,5–10 кВА), навесные СНАН (3–12 кВА), стационарные СНАШ (15–20 кВА), а также «Премиум» (переносные и навесные; 0,5–10 кВА). Все устройства из перечисленных модельных рядов осуществляют стабилизацию в рабочем диапазоне входных напряжений 150–250 В и защищены от заниженного и завышенного входного напряжения. При этом для моделей СНАП и СНАН пороги срабатывания защиты составляют 184 В и 246 В соответственно. Устройства серии «Премиум» отключают выход при входном напряжении до 130 В или свыше 275 В. При возвращении напряжения в номинальный диапазон (150–250 В) стабилизатор автоматически включается в работу. Модели «Премиум» мощностью 3 кВт и выше имеют функцию механического «байпаса».

Симисторные стабилизаторы

Симисторные стабилизаторы переменного напряжения относятся к устройствам дискретного типа и изготавливаются на базе одного или двух автотрансформаторов — соответственно, по одно- или двухкаскадной схеме. Принцип построения таких решений представлен на **рис. 4**. Устройства содержат управляющий контроллер (процессор), осуществляющий анализ входного и выходного напряжений и подключающий тем или иным образом

входные и выходные цепи к требуемым отводам автотрансформатора. В целом же в качестве коммутирующих элементов для стабилизаторов дискретного типа могут использоваться как симисторы, так и двунаправленные тиристорные сборки, а также реле.

Особенностью работы симисторных стабилизаторов является переключение обмоток трансформатора при переходе напряжения через нулевое значение. Это исключает протекание тока через коммутирующий элемент в момент переключения, исключая переходные процессы и нелинейные искажения формы выходного напряжения. Отметим, что вольт-амперная характеристика симистора такова, что в момент нулевого напряжения на нем ток через устройство также не протекает.

Симисторные устройства предлагают компании «Элекс», «Укртехнология», «Электромир-Киев», «Прочан», «РЭТА», «Донстаб», ИЕК, Лухеон и некоторые другие. Причем для первых шести компаний устройства именно такого типа являются базовыми.

«Укртехнология»

Украинское предприятие «Укртехнология» (<http://ukrtech.net.ua>) с 2002 года выпускает под одним брендом одно- и трехфазные симисторные стабилизаторы напряжения. Линейка представлена сериями Universal, Standard, Optimum+, Norma, Infinity, которые содержат модели мощностью от 3 до 35 кВА. Серии Universal и Standard имеют модификации Ultra, отличающиеся более надеж-

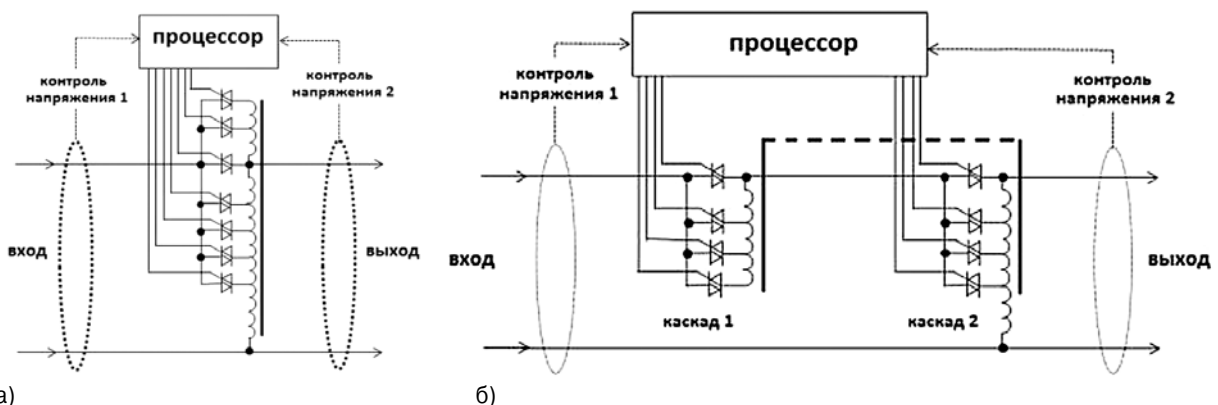


Рис. 4. Однокаскадная (а) и двухкаскадная (б) схемы построения симисторного стабилизатора напряжения

ной элементной базой. Различные системы имеют от 9 (Normal) до 36 (Universal) ступеней стабилизации при точности стабилизации от $\pm 7\%$ до $\pm 1,5\%$. Практически все серии, кроме Norma и Infinity, имеют также две дополнительные модификации, ориентированные на работу с пониженным (LV) и повышенным (HV) значениями сетевого напряжения.

Рассмотрим в качестве примера две серии Standard и Universal.

Серия Standard имеет 16 ступеней стабилизации и обеспечивает точность регулирования выходного напряжения $\pm 3\%$. При этом обеспечивается рабочий диапазон входных напряжений стабилизации 138–250 В, а рабочий диапазон выходных напряжений составляет 213–227 В. Диапазоны стабилизации для модификаций LV- и HV-устройств этой серии лежат в пределах 99–210 В и 175–286 В соответственно. Стабилизатор автоматически отключается от сети при достижении входного напряжения 265 В (227 В или 290 В — для моделей LV и HV соответственно). Серия Standard Ultra дополнительно включает также устройства мощностью 30, 35 и 40 кВт.

Линейки Universal имеют 36 ступеней регулирования и обеспечивают точность стабилизации выходного напряжения на уровне 220 В $\pm 1,5\%$ при изменении входного напряжения от 143 до 252 В (99–205 В или 175–280 В для моделей LV и HV). При этом рабочий диапазон выходных напряжений 217–223 В, а предельные значения диапазона входных напряжений, при которых выполняется автоматическое отключение от сети, составляет 60 В и 270 В (242 В или 290 В для моделей LV и HV).

Трехфазные решения компании «Укртехнология» обычно строятся путем использования трех однофазных стабилизаторов Standard, Optimum+, Infinity и Universal, соединенных по схеме «звезда».

НПФ «Элекс»

Одесская компания «Элекс» (*ellex*) производит однофазные и трехфазные симисторные стабилизаторы серий «Ампер», «Герц М16»

и «Герц М36». Представлена также однофазная релейно-симисторная серия «Гибрид», о которой мы упомянем ниже при описании релейных устройств.

Как нам сообщили в компании, в 2015 году появились серии «Ампер» и «Гибрид» нового поколения (версия 2.0). А уже к концу 2016 года ожидается выпуск стабилизаторов «Герц» (версия 3.0), а также более точных стабилизаторов «Ампер 16» и моделей новой серии «Ампер DUO» — обе с 16 ступенями стабилизации и точностью $\pm 2,5\%$.

В настоящее время в серию «Ампер 12» (5,5–17,6 кВт) входят устройства, которые имеют 12 ступеней регулировки. Диапазон стабилизации входного напряжения 145–275 В, точность $\pm 4,5\%$. Имеется байпас и защита от перенапряжений. Пороги отключения 120 В и 280 В.

Стабилизаторы серий «Герц М16» и «Герц М36» (5,5–22 кВт) построены по двухкаскадной схеме и имеют соответственно 16 либо 36 ступеней регулирования за счет коммутации двух групп по 4 или 6 входных и выходных отводов. Диапазон стабилизации входного напряжения 150–260 В. Точность стабилизации $\pm 2,5\%$ для устройств «Герц М16» или $\pm 1\%$ для моделей «Герц М36».

Производитель не выпускает при этом специальных модификаций, предназначенных для использования с предельно заниженным или завышенным входным напряжением, считая, что «*существующие устройства работают в достаточно широком диапазоне, чтобы решить проблемы большинства потребителей*».

Для трехфазных сетей компания «Элекс» выпускает стабилизаторы «Ампер» (16,5–27,0 кВт), «Герц М16» и «Герц М36» (16,5–105,6 кВт).

Производитель отмечает, что в настоящее время наибольшей популярностью пользуются модели «Ампер» — около 50% продаж. На втором месте (30%) — стабилизаторы серии «Гибрид».

«Электромир-Киев» (ТМ Volter)

Научно-производственная компания «Электромир-Киев» (*volter.ua*) была создана в Донецке в 2001

году. В настоящее время она предлагает на рынке стабилизаторы под торговой маркой **Volter**. Модельные ряды включают релейные устройства для котлов отопления (0,25–2,0 кВт), симисторные (2,2–27 кВт) и бесступенчатые (7–27 кВт). Симисторные серии выполнены с различным числом ступеней регулировки — 7, 9, 16 и 36. В результате оборудование имеет разную точность поддержки выходного напряжения, варьируемую ширину стабилизируемого диапазона входных напряжений, а также сдвинутые вниз и вверх пределы.

Стандартное обозначение модели имеет вид Volter [мощность] [модификация], например, «Volter 4птс» или «Volter 7птс». Информация по модификациям серии Volter и расшифровка обозначений приведены в табл. 3.

Для устройств мощностью от 4 до 11 кВт выпускаются стабилизаторы Volter HL (Home Line). Это упрощенная версия стандартного модельного ряда. Она имеет 9 ступеней регулировки в диапазоне от 140 В до 250 В с погрешностью $\pm 6\%$.

Как видно из табл. 3, диапазон входных напряжений может быть узким или широким, смещенным вниз или вверх, точность может быть обычной, повышенной или очень высокой. Причем практически большинство этих модификации доступны для устройств мощностью от 2 до 27 кВт.

Среди новинок компания отмечает также обновление стабилизатора Volter-2000. Теперь в него добавлены часы с автономной батареей, что позволит в ждущем и активном режимах отображать на ЖКИ текущее время. Есть изменения и в бестрансформаторных сериях, но о них мы расскажем ниже в соответствующем разделе.

«Электромир-Киев» выпускает также трехфазные модели стабилизаторов мощностью 100, 150 и 200 кВт в модификациях «у», «пт» и «птс» с 7 и 16 ступенями регулировки. Последние работают в диапазоне входных напряжений 140–250 В. Точность стабилизации $\pm 6\%$.

Для защиты от импульсных перенапряжений стабилизаторы Volter оснащены по входу варисторными системами защиты (рис. 5).

Таблица 3. Характеристики модификаций симисторных стабилизаторов Volter компании «Электромир-Киев»

Модификация	Кол-во ступеней	Шаг регулировки, В	Точность стабилизации, +% / -%	Диапазон входных напряжений, В	Ширина диапазона, В	Особенность диапазона входного напряжения
У	7	16	+5 / -7,5	150–260	110	Узкий
Ш	7	20	+7,5 / -10	130–270	140	Широкий
ШС	7	20	+7,5 / -10	180–305	125	Широкий смещенный вверх
ШН	7	20	+7,5 / -10	90–245	155	Широкий смещенным вниз
ПТ	16	6	+2 / -3	150–245	95	Повышенная точность
ПТС	16	6	+2 / -3	170–265	95	Смещенный вверх, повышенная точность
ПТШ	16	9	+3,5 / -5,5	110–250	140	Широкий, повышенная точность
ПТСШ	16	9	+3,5 / -5,5	145–285	140	Широкий, смещенный вверх
ПТТ	36	2	+0,7 / -1,5	160–250	90	Особо высокая точность
ПТТС	36	2	+1,2 / -2,0	175–260	85	Смещенный вверх, особо высокая точность
ПТТШ	36	5	+1,5 / -2,5	110–270	160	Очень широкий, особо высокая точность

«РЭТА»

Внедренческая фирма «РЭТА» (reta.com.ua) основана в 1991 году и является разработчиком и производителем симисторных стабилизаторов напряжения для однофазных и трехфазных сетей. Однофазные устройства НОНС представлены сериями Breeze, Normic, Shteel, Calmer, Flagman, Strong и имеют мощность от 3,3 до 25 кВт. Выпускаются также и трехфазные системы. Причем в данном случае это не комбинация однофазных устройств, что практикуется некоторыми изготовителями, а полноценная напольная система мощностью 16,5–100 кВА.

Стабилизаторы напряжения серии Normic (2,5–25 кВт) являются одной из наиболее распространенных моделей, выполняя стабилизацию напряжения в диапазоне 130–258 В. Они имеют 9 ступеней регулировки, шаг коррекции — 7,5 В, точность $\pm 5\%$. Все модели Normic имеют варианты исполнения со сдвигом диапазона вниз и вверх. Для устройств мощностью до 15 кВт включительно эти границы составляют соответственно 100–228 В и 170–303 В. Модели на 20 и 25 кВт отличаются несколькими другими значениями диапазонов со сдвигом. Серия Breeze является упрощенной бюджетной версией моделей Normic. Эти устройства выпускаются только с базовыми значениями диапазона номинальных рабочих напряжений 130–258 В.

Устройства серии Shteel (1,0–25 кВт) имеют повышенную точность ($\pm 1,5\%$), обладают 16-ступенчатой регулировкой и шагом коррекции $\pm 3,5$ В. Модели этой серии обеспечивают регулировку в четырех вариантах диапазонов входных напряжений. Кроме стандартного (132–245 В), имеется пониженный (101–228 В), повышенный (153–273 В) и гиперповышенный (188–301 В).

Стабилизаторы Calmer (6,5–25 кВт) являются приборами высокой точности. Наличие 36 ступеней регулировки с шагом $\pm 1,5$ В ($\pm 0,7\%$) позволяет осуществить питание ответственных приборов с высокими требованиями к качеству сетевого напряжения. Варианты исполнения — обычный диапазон (146–255 В), пониженный (128–237 В), повышенный (164–273 В) и гиперповышенный (182–291 В).

Системы Flagman (6,5–20 кВт) обладают 48 ступенями регулировки и обеспечивают точность поддержки выходного напряжения $\pm 1\%$. Она несколько уступает аналогичному показателю моделей Calmer, но зато диапазон регулировок (100–288 В) при этом гораздо шире, что снимает необходимость выпуска моделей со сдвигом вниз/вверх по входу.

Трехфазные стабилизаторы «РЭТА» строятся на базе однофазных симисторных устройств серий Normic (16–100 кВт), Shteel (22–100 кВт), Calmer (22–100 кВт), Flagman (22–100 кВт). Следует отметить так-

же трехфазную серию Strong (100–300 кВт), которая имеет 21 ступень регулирования, а также точность 380 В $\pm 3,0\%$.

«Донстаб»

Компания «Донстаб» (www.donstab.com) выпускает однофазные стабилизаторы тиристорного типа, которые обладают рядом специфических особенностей, отличающих эти устройства от продукции других брендов. Главным их отличием является использование двух способов регулирования в одном приборе — плавного и ступенчатого. Потребитель, в зависимости от особенности подключаемой нагрузки и входного напряжения, при помощи кнопок на верхней панели стабилизатора выбирает, какой способ регулировки предпочтительнее будет использовать. Точность стабилизации напряжения на выходе в режиме плавной регулировки составляет $\pm 1\%$. При работе в режиме ступенчатой регулировки $\pm 7,5\%$.

Не следует, однако, думать, что плавный режим работы обеспечи-

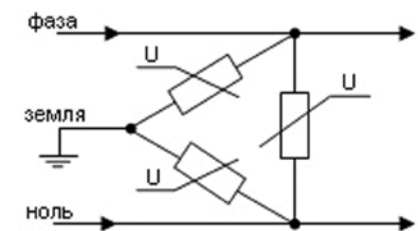


Рис. 5. Варисторная схема защиты стабилизаторов от входных перенапряжений (по материалам компании «Электромир-Киев»)

вается в результате использования серводвигателей и щеточных контактов. Вовсе нет. Разработчики предложили собственный способ, суть которого состоит в попеременном подключении входного напряжения к необходимым парам смежных отводов автотрансформатора.

Вот как объясняют работу этого принципа сами изобретатели: «Предположим, у нас имеется два источника напряжения — 200 В и 240 В, как показано на рис. 6а. Необходимо на выходе получить 220 В. Если с помощью силовых коммутаторов попеременно подключать нагрузку к первому (240 В) и второму источникам (200 В) на одинаковые временные промежутки, то на нагрузке можно получить усредненное напряжение 220 В. Меняя соотношение между временем подключения источника 1 и 2, можно плавно регулировать напряжение на нагрузке от 200 до 240 В. А если такую коммутацию проводить каждый полупериод сетевого напряжения (то есть один раз переключаться на положительной и один раз на отрицательной полуволнах), можно получить относительно плавную регулировку действующего напряжения на нагрузке с незначительным уровнем нелинейных искажений».

В реальной схеме можно использовать трансформатор или автотрансформатор, к отводам которого через силовые ключи К1 и К2 подключается входное напряжение (рис. 6б). В зависимости от его уровня выбирается соотношение между моментом (или фазой) переключения обмоток силовыми ключами К1 и К2. Таким образом, если входное

напряжение приближается к значению 240 В (верхний по схеме отвод), большую часть времени будет открыт ключ К1. Если напряжение снижается, время открытия К1 также уменьшается, соответственно, увеличивая время открытия ключа К2.

На рис. 7 приведена временная диаграмма работы ключей и форма выходного напряжения, поясняющие работу этой структурной схемы. При этом моменты коммутации ключей К1 и К2 могут реально находиться в любой точке полуволны напряжения — от 0° до 180°.

Объяснение регулировки напряжения в диапазоне 200–240 В было показано в качестве примера. На практике для расширения диапазона используется не два ключа, а несколько больше, при этом напряжение на отводах трансформатора выбирается равным 140, 160, 180, 200, 220, 240 и 260 В. Это позволяет охватить весь регулируемый диапазон, попарно выбирая смежные отводы автотрансформатора, между которыми выполняется коммутация.

Остается, конечно, проблема появления гармоник из-за несинусоидального характера напряжения на входе. Но с этим приходится мириться, тем более что они не слишком большие.

На сегодняшний день модельный ряд стабилизаторов «Донстаб» представлен устройствами СНПТО мощностью от 1,3 до 70 кВА. При этом модели в типовом варианте изготовления работают от 90 до 285 В (это и есть те значения предельных порогов, о которых мы писали в начале статьи). При выборе варианта

плавной регулировки (с помощью переключателя на входе) стабилизация осуществляется в рабочем диапазоне 130–260 В, а в ступенчатом режиме — в диапазоне 130–270 В.

Однако в портфеле продукции есть вариант реализации с индексом РД. Для этих устройств по умолчанию задается более широкий предельный диапазон — 80–305 В. Расширяются также границы стабилизации для плавного и ступенчатого режима регулировки — соответственно до 100–280 В и 90–290 В.

«Прочан»

Относительно молодая компания — ЧП «Прочан» — основана в 2015 году в Запорожье. В настоящее время портфель ее продукции включает симисторные устройства мощностью от 500 Вт до 35 кВт. Защита трехфазного оборудования обеспечивается путем установки трех однотипных устройств, позволяющих обеспечить питание нагрузки мощностью до 105 кВт. Оборудование использует 16-ступенчатую схему регулирования напряжения. Кроме устройств СНОПТ с обычным диапазоном входных напряжений стабилизации (146–262 В; точность стабилизации $\pm 2,5\%$ или ± 7 В), производитель предлагает системы СНОПТ(Ш) с расширенными показателями (90–295 В; точность стабилизации $\pm 5\%$ или ± 14 В). Стабилизаторы защищают нагрузку путем ее отключения от пониженного (136 или 80 В) и повышенного (278 или 304 В) входного напряжения; первые цифры

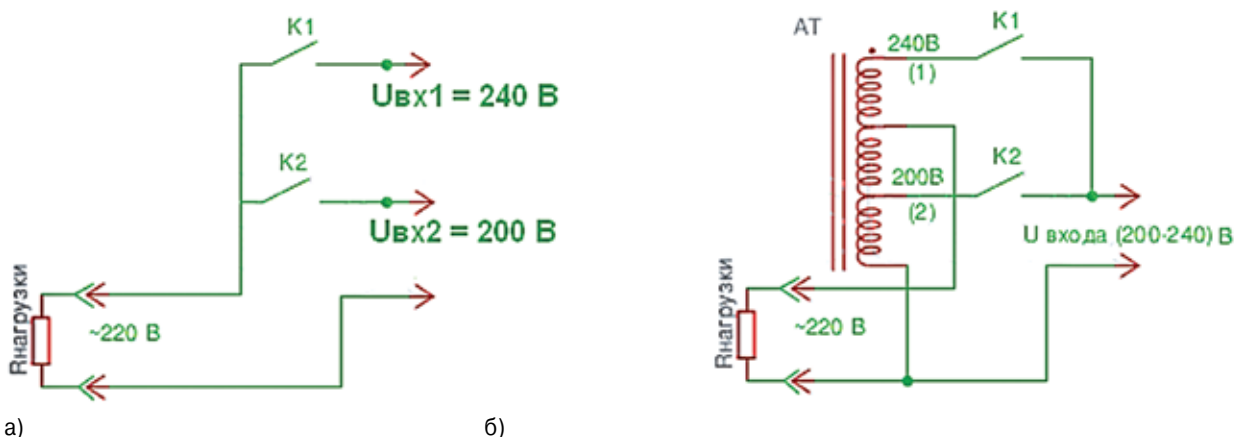


Рис. 6. Принцип (а) плавного регулирования выходного напряжения с помощью дискретного переключения и структурная схема реализации (б)

соответствуют обычным системам, вторые — устройствам с расширенным диапазоном. Предлагается также защищенная серия стабилизаторов СНОПТ(IP56), характеризующаяся пылевлагозащитным исполнением.

Релейные стабилизаторы

Несмотря на доминирование на украинском рынке симисторных и сервоприводных решений, до сих пор для построения дискретных стабилизаторов используют также и *релейные схемы*, в которых переключение отводов осуществляется с помощью электронных реле. Чаще всего такие устройства рекомендуются для отопительных котлов, так как они обеспечивают значительный запас по пусковым токам. Кроме того, потребителей привлекает их невысокая цена. Релейные стабилизаторы предлагают на рынке отечественные и зарубежные компании — «Электромир-Киев», «Элтис Украина Электротехник», Gemix, Powercom, Rucelf, Luxeon и многие другие. Эти устройства выпускаются в диапазоне мощностей до 3,0 кВт, хотя бывает и выше.

Например, компания «*Электромир-Киев*» (ТМ Volter) производит релейные стабилизаторы мощностью от 0,25 кВт до 2,2 кВт при 4-ступенчатой схеме регулирования. Рабочий диапазон входного напряжения — 155–250 В. Если входное напряжение выходит за пределы 140–260 В, нагрузка отключается. Повторное включение выполняется через 4,5–7,5 с.

Однофазные релейные стабилизаторы *Powercom* серии ТСА (0,6–3,0 кВт) предлагает компания «*Эксим-Стандарт*», являющаяся дистрибьютором этого оборудования в Украине.

«*Элекс*» поставляет на рынок гибридные релейно-симисторные устройства «Гибрид», мощность которых лежит в диапазоне от 5,5 до 9,0 кВт. Диапазон стабилизации входного напряжения составляет здесь 135–315 В, точность стабилизации $\pm 7,5\%$. Количество ступеней регулирования 9. Имеется функция байпаса. Производитель заявляет, что данное решение является запатентованным, не имеет аналогов и сочетает в себе надежность симисторных стабилизаторов и стоимость релейных.

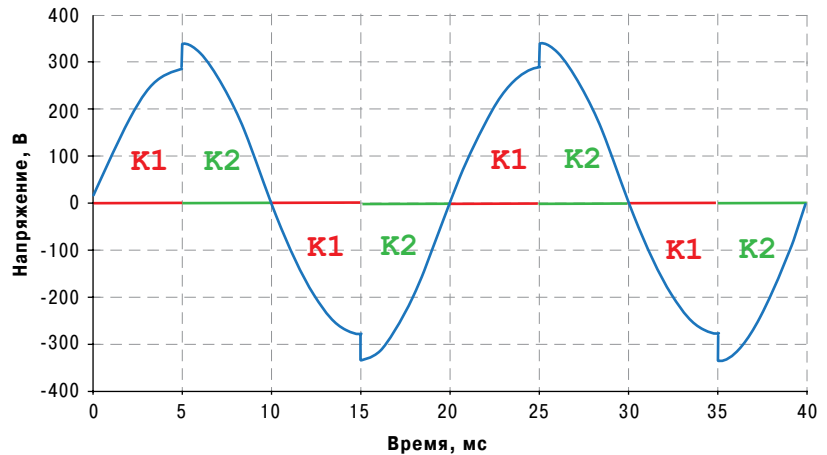


Рис. 7. Временная диаграмма работы ключей и форма выходного напряжения

Релейные системы *Gemix* имеют мощность 0,35–7,0 кВт и работают с напряжением в диапазоне 140–260 В при точности стабилизации $\pm 6,8\%$. Дистрибьютором производителя в Украине является компания «*Эксим-Стандарт*». Из представленных на рынке четырех серий (GX, GMX, GDX и WMX) наибольшей популярностью пользуется GDX — именно это оборудование обеспечивает около 45% продаж. На втором

месте — стабилизаторы серии GX; их доля — около 30%.

Стабилизаторы дискретного типа на базе релейных схем есть и в портфеле *Schneider Electric*. Прежде всего это линейка продуктов Line-R для домашнего использования. Она делится на два семейства — LE (0,6 и 1,2 кВА) и LS (0,6; 1,0 и 1,2 кВА). Первое из них уже давно зарекомендовало себя на рынке, а второе было представлено в 2015 году в качестве


www.gemix.ua

Релейные стабилизаторы напряжения переменного тока GEMIX

От 500 Вт
до 10 000 Вт



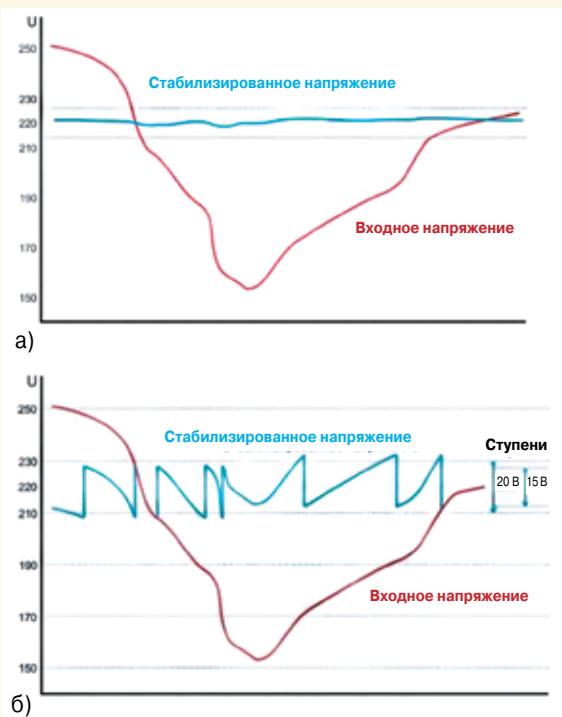
Получить квалифицированную консультацию, а также приобрести стабилизаторы Gemix Вы можете у официального дистрибьютора компании «**Эксим-Стандарт**»

ООО «Эксим-Стандарт» Адрес: 04119 г. Киев, ул. Мельникова, 83-д
Тел./факс: (044) 303-90-35, info@exims.kiev.ua



Плавная регулировка или ступенчатая?

При рассмотрении типовой передаточной характеристики стабилизаторов мы не заостряли внимание на особенностях поведения стабилизаторов непрерывного и дискретного типов в рабочей области, просто указав, что выходное напряжение лежит в некотором диапазоне между двумя пороговыми значениями. Но после знакомства с принципами работы и внутренней структурой оборудования можно привести некоторые уточнения. Уже говорилось, что сервоприводные стабилизаторы (равно как феррорезонансные) за счет плавной регулировки позволяют обеспечить более высокую точность выходного напряжения $\pm(0,5-1,0)$. В устройствах дискретного типа регулирования выходное напряжение корректируется с определенным шагом, обеспечивая нахождение выходного напряжения в пределах нормированного диапазона. Эти отличия хорошо представлены ниже на рисунках, где приведен временной график изменения входного (красный) и выходного (голубой) напряжений при различных способах регулирования.



Пример зависимости величины напряжений на входе и выходе стабилизатора для устройств сервоприводного (а) и дискретного типов (б)

В первом случае выходное напряжение плавно меняется в достаточно узком диапазоне. Во втором — выходное напряжение, хотя и не выходит за рамки рабочего диапазона, но в определенные моменты времени ступенчато повышается или понижается на величину шага корректировки, равного величине 2Δ . Для симисторных или релейных стабилизаторов при 16 ступенях точность обеспечивается обычно в рамках $\pm 3\%$. Но уже стабилизаторы серии Universal компании «Укртехнология» за счет использования 36 ступеней регулирования достигают показателя $\pm 1,5\%$ ($\pm 3,3$ В). Такие решения позволяют практически вплотную приблизить свойства симисторных стабилизаторов к системам с плавной регулировкой, сохраняя при этом их высокую надежность и длительный срок службы.

бюджетного решения. При этом семейство LE обладает двумя повышающими ступенями и одной понижающей, в то время как оборудование семейства LS имеет по одной ступени на повышение и на понижение. В итоге это приводит к тому, что LE могут обеспечивать заданные параметры при входном напряжении от 166 В, а LS — от 184 В при расчете номинального напряжения $230 \text{ В} \pm 10\%$. Дополнительно семейство LE имеет возможность установки номинального выходного напряжения — 220, 230 и 240 В. Данная опция позволяет «отвоевать» у сети еще 6 В, установив номинальное значение выходного напряжения 220 В и получив при этом нижнее значение входного диапазона 160 В.

Инверторные стабилизаторы

В последнее время производители стабилизаторов начали применять так называемые **бесступенчатые бестрансформаторные** электронные системы регулирования выходного напряжения. По сути, это инверторные системы, которые вырабатывают напряжение для питания нагрузки путем использования генераторов с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Инверторные схемы хорошо известны производителям и повсеместно используются при построении ИБП. При этом автотрансформатор не входит в состав этих устройств, это уже полностью бестрансформаторные решения. В этом случае, опять-таки, напрашиваются аналогии с ИБП, но в данном случае — с двойным преобразованием энергии. В таких источниках инвертор постоянно включен и непрерывно вырабатывает напряжение, поступающее на нагрузку.

Основным достоинством бесступенчатых инверторных систем является высокая точность выходного напряжения и исключительно широкий диапазон входного рабочего напряжения. Кроме того, немаловажно, что мощность системы сохраняется практически неизменной во всем диапазоне стабилизации. В то же время аналогичный показатель стабилизаторов на базе автотрансформаторов существенно снижается на краях регулируемого диапазона.

Например, для моделей **Volter Etalon** (7–27 кВт) компании «Электромир-Киев» входное напряжение может меняться от 130 до 330 В, а точность составляет $\pm 1\%$. Оборудование содержит стабильный источник синусоидального напряжения, который питается от входной сети. Защитное отключение выполняется при границах входного напряжения соответственно 105 В и 330 В. Устройства Etalon мощностью 18, 22 и 27 кВт конструктивно состоят из двух одинаковых стабилизаторов половинной мощности 9, 11, и 14 кВт. Они объединяются при помощи специальной стойки с общим автоматическим выключателем и работают параллельно на общую нагрузку.

Отметим также, что недавно на рынке были представлены новые бесступенчатые системы «Volter птм» с диапазоном регулирования 130–320 В и точностью $\pm 0,5\%$. Защитное отключение, как и в моделях Etalon, выполняется при понижении и повышении входного напряжения до порогов срабатывания.

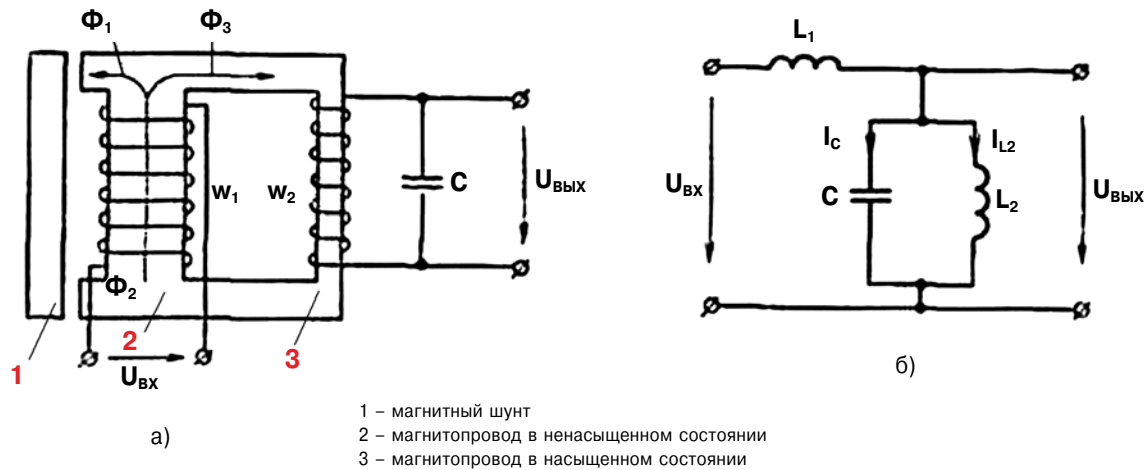


Рис. 8. Схема стабилизатора феррорезонансного типа с магнитным шунтом: принципиальная (а); замещения (б)

Компания **Powercom** предлагает однофазные бесступенчатые стабилизаторы HI-AVR (5–20 кВт, 165–275 В, точность $\pm 1\%$), а также трехфазные модели AVR-33 (15–100 кВт, 165–275 В, точность $\pm 1\%$). В этих решениях используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ) на базе IGBT-транзисторов.

Многие производители лишь планируют наладить выпуск бесступенчатых стабилизаторов. Так, например, в планах компании «**Укр-технология**» — запуск импульсных стабилизаторов напряжения серии Impulse. Эти аппараты будут иметь плавное (бесступенчатое) высокочастотное регулирование, высокую точность ($\pm 1\%$) в рабочем диапазоне стабилизации напряжения от 120 до 280 В.

Существует представление, что стоимость инверторных стабилизаторов все же достаточно высока по сравнению с классическими схемами. Возможно, что это некий маркетинговый миф. Но сравнивать стоимость решений не входит в нашу задачу.

Феррорезонансные стабилизаторы

Одним из ранних способов построения стабилизаторов являются устройства **феррорезонансного** типа (рис. 8). Они появились еще в эпоху первых ламповых телевизоров и в настоящее время также продолжают использоваться, хотя и нечасто.

Принцип работы этих систем состоит в следующем. Первичная обмотка w_1 на которую подается входное напряжение $U_{вх}$, располагается

на участке 2 магнитопровода, имеющем большое поперечное сечение для того, чтобы эта его часть находилась в ненасыщенном состоянии. Напряжение $U_{вх}$ создает магнитный поток Φ_2 . Вторичная обмотка w_2 , на зажимах которой индуцируется выходное напряжение $U_{вых}$ и к которой присоединяется нагрузка, расположена на участке 3 магнитопровода, имеющем меньшее сечение и находящемся в насыщенном состоянии. Поэтому при отклонениях напряжения $U_{вх}$ и магнитного потока Φ_2 значение магнитного потока Φ_3 на участке 3 почти не изменяется, стабилизируется и $U_{вых}$. При увеличении потока Φ_2 та его часть, которая не может проходить по участку 3, замыкается через магнитный шунт 1 (Φ_1).

Существуют также другие схемы реализации такого типа стабилизаторов, например, с компенсационной обмоткой. Однако общим недостатком феррорезонансных систем является относительно высокий уровень нелинейных искажений формы выходного напряжения.

Что такое хорошо...

Несмотря на наличие на рынке стабилизаторов напряжения отечественной и зарубежной разработки, следует признать, что симисторные решения больше по душе отечественным разработчикам, а сервоприводные покорили сердца преимущественно зарубежных изготовителей. Релейные и феррорезонансные системы остаются нишевыми бюджетными решениями. Есть серьезные перспективы

у инверторных (их называют еще бесступенчатыми) стабилизаторов. Решения эти пока еще достаточно новые для рассматриваемого сегмента рынка. И хотя они обеспечивают выходное напряжение на нагрузке с очень высокой точностью в очень широком диапазоне входных напряжений, не имеют ни трансформаторов, ни серводвигателей, ни симисторов, их стоимость пока еще не позволяет говорить о скором доминировании на рынке стабилизаторов.

В настоящем обзоре мы не смогли упомянуть всех производителей и представить всю продукцию. Задача была более простой — рассказать о принципах построения стабилизаторов, описать решения, предлагаемые отечественными производителями, увидеть перспективу данного направления.

В век информационных технологий требования к качеству сетевого напряжения приобретают особое значение. Поэтому стабилизаторы напряжения в условиях его нестабильности решают задачу обеспечения работоспособности бытового и офисного оборудования, а также промышленных систем. Будем надеяться на дальнейшее развитие и более широкое внедрение бесступенчатых систем регулирования, на совершенствование симисторных устройств, а также на результативный поиск новых путей решения задачи борьбы с нестабильностью сетевого напряжения.

Владимир СКЛЯР, **СИБ**