



Среди решений по стабилизации сетевого напряжения отечественные производители отдают предпочтение симисторным и тиристорным системам.

Владимир СКЛЯР

Рынок стабилизаторов напряжения — ГОД СПУСТЯ

В предыдущем исследовании украинского рынка стабилизаторов («*Стабилизаторы как зеркало качества напряжения*», *СИБ 3 (88), 2016, с. 62–73*) были рассмотрены принципы построения и особенности работы этих устройств. При этом мы не ставили перед собой цель осветить продукцию всех производителей. В статье были затронуты в основном вопросы классификации, описаны принципы работы различных типов стабилизаторов, а также их основные свойства и характеристики.

Особенности рыночного сегмента

В данной статье больше внимания будет уделено тиристорным и симисторным устройствам. Как показывает практика, оборудование именно этого типа в большинстве своем разрабатывается и выпускается отечественными предприятиями. При этом в числе

первопроходцев направления следует отметить производителей из восточных районов нашей страны (Донецк, Мариуполь, Макеевка). Большой опыт накоплен разработчиками оборудования из Одессы, Киева и Днепра.

В настоящей статье мы будем в основном описывать стабилизаторы, которые выпускаются украинскими предприятиями под собственными торговыми марками. Одной из особенностей этого сегмента рынка является его закрытость. Даже те предприятия, продукция которых активно предлагается в интернет-магазинах страны, при ближайшем рассмотрении либо открыто не хотят, чтобы о них писали, либо утверждают, что они уже «не работают». Часть предприятий и торговых марок нам так и не удалось идентифицировать — вероятно, это издержки нынешнего переходного экономического уклада.

Одной из особенностей рын-

ка стабилизаторов является доминирование их продаж через интернет-магазины. Такая тенденция становится все более заметной. А поскольку предлагаемые устройства, как правило, не требуют специальной установки, подобная практика вполне оправдана. Причем имеются даже веб-ресурсы, специализирующиеся на продаже исключительно стабилизаторов. Например, <http://стабилизаторы-напряжения.com>, <http://stab-ukr.com.ua>, stabilizator.ua, www.stabilizator.kiev.ua, <http://voltmarket.com.ua>.

Они как ИБП, но только без АКБ и инвертора

Существует достаточно много общего между ступенчатыми стабилизаторами (тиристорными, симисторными, релейными) и линейно-интерактивными источниками бесперебойного питания (ИБП). И те и другие используют принцип ступенчатого повыше-

ния и понижения напряжения, что позволяет расширить диапазон функционирования устройств в более широких пределах изменения входного напряжения. При этом ИБП имеет всего несколько таких дискретных ступеней; чаще всего их три или четыре. Дискретные стабилизаторы, как правило, используют большее число переключений, количество которых на практике может достигать 48. Но есть и простые ступенчатые устройства с 2–4 диапазонами, выполненные обычно на релейных элементах.

Главное же отличие ИБП от стабилизаторов — в наличии аккумуляторных батарей, позволяющих обеспечить резервное питание нагрузки в течение времени, необходимого для восстановления

электрической сети или корректного закрытия приложений, запущенных на компьютерах.

Исследование украинского рынка показало, что предлагаемые устройства могут поставляться как из-за рубежа (чаще это релейные или сервоприводные системы), так и выпускаться отечественными производителями. Во втором случае чаще используются симисторные и тиристорные решения (их схемотехника практически идентична), хотя есть небольшой пласт ступенчатых решений на базе релейных и гибридных (тиристорно-релейных) схем. Судя по уровню и многообразию разработок, украинские инженеры накопили большой опыт создания подобного рода изделий. Особенно радуют не-

стандартные и инновационные разработки, к которым относятся системы с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) (инверторные стабилизаторы) и решения на базе фазо-импульсной модуляции (ФИМ).

Основные участники украинского рынка симисторных и тиристорных стабилизаторов, а также решений на базе ФИМ и ШИМ, представлены в табл. Здесь же приведены названия и серии выпускаемого оборудования и их основные характеристики.

Основные отечественные производители стабилизаторов («Альтернатива», «Донстаб», Phantom, «НИК», «Траст Энерджи», «Прочан», «РЭТА», SinPro, «Укртехнология», Phantom Power Equipment, «Меридиан», «Электроработатория»,

Таблица. Основные характеристики симисторных, тиристорных, а также инверторных (ШИМ) и фазо-импульсных (ФИМ) стабилизаторов, представленных на украинском рынке

Производитель, ТМ, расположение	Серия	Номинальная мощность	Диапазон стабилизации входных напряжений, В	Особенности диапазона	Количество ступеней стабилизации	Шаг регулирования напряжения, В	Точность поддержки выходного напряжения, %
ЧНПП Альтернатива, ТМ Мережик, Мариуполь	Форте, Экстра	5,5–14 кВА	135–255		12	10	±4
	Класик	5,5–14 кВА	140–250		9	12	±5
ЧП Электролаборатория, Модуль-С, Днепр	УСН	1–18 кВт	126–265	один диапазон	9		±7
		7–15 кВт	126–252	один диапазон	16		±3,5
		12,15 кВт	99–265	два диапазона	11		±7
		7,9 кВт	104–252	два диапазона	19		±3,5
SinPro, Харьков	Оберіг	5,8 кВт	155–252		9		±5
	Гарант 220V	7, 10, 14 кВт	120–265		16		±(2-3)
	Гарант 220V Премиум ЭКО	8, 12, 22 кВт	120–265		16		±(2-3)
Траст Энерджи, Мариуполь	Airy (эконом класс)	8–18 кВА	135–255		12	10–12	
	Airy-II		128–277		12	10–12	
	Trust		135–255		12	10	
	Wide		128–277		12	12	
	Lux (топовая линейка)	8–22 кВА	115–275		16	10	±4
	Standart ^{****}	7–18 кВА	135–255		16	7,5	±3
	Wide ^{****}		115–275		16	10	±4
ПФ Электростиль, Constanta, Мариуполь ^{****}	Lite, Medium-12	7–14 кВА	135–255		12	10	±4
	Medium-16	0,3–18 кВА	135–255		16	7,5	±3
	Medium W	7–18 кВА	115–275		16	10	±4
	Prime		135–255		16	7,5	±3
	Prime W		115–275		16	10	±4
Прочан, Awattom, Запорожье	СНОПТ	0,5–40 кВт	136–278	стандартный	16		±2,5 (в диапазоне Uвх=146–262 В) ±10 (в диапазонах Uвх=136–146 В; 262–278 В)
	СНОПТ (Ш)		80–304	широкий	16		±5 (в диапазоне Uвх=90–295 В)

Производитель, ТМ, расположение	Серия	Номинальная мощность	Диапазон стабилизации входных напряжений, В	Особенности диапазона	Количество ступеней стабилизации	Шаг регулирования напряжения, В	Точность поддержки выходного напряжения, %
Phantom Power Equipment, Одесса, Киев	Стандарт	0,6–8 кВт	134–260		12	±10	
	Стандарт плюс	6–15 кВт	125–260		9	±8	±7
	Универсал	6–40 кВт	105–270		17	±5	±5
	Премиум	6–40 кВт	136–270		25	±3	±2
	Элит	5–20 кВт	115–220	смещенный вниз	ФИМ	±2	±0,5
			135–240	стандартный			
160–265			смещенный вверх				
185–290			гиперповышенный				
Электромир-Киев, ТМ Volter, Киев	Volter y	2–27 кВт	150–260 (тип У)	узкий	7	16	+5 / -7,5
	Volter ш		130–270 (тип Ш)	широкий	7	20	+7,5 / -10
	Volter с		140–250 (тип С)	смещенный	9		±5
	Volter шс		180–305 (тип ШС)	широкий смещенный вверх	7	20	+7,5 / -10
	Volter шн		90–245 (тип ПТ)	широкий смещенный вниз	7	20	+7,5 / -10
	Volter пт		150–245 (тип ПТС)	повышенная точность	16	6	+2 / -3
	Volter птс		170–265	смещенный вверх, повышенная точность	16	6	+2 / -3
	Volter птш		110–250	широкий, повышенная точность	16	9	+3,5 / -5,5
	Volter птшс		145–285	широкий, смещенный вверх	16	9	+3,5 / -5,5
	Volter птт		160–250	особо высокая точность	36	2	+0,7 / -1,5
	Volter пттс		175–260	смещенный вверх, особо высокая точность	36	2	+1,2 / -2,0
	Volter пттш		110–270	очень широкий, особо высокая точность	36	5	+1,5 / -2,5
	Volter-2000		150–245		16		+2 / -3
	Volter-2100		160–250		16		+2 / -3
	Volter HomeLine		4–11 кВт	140–250		9	
Volter Etalon	7–27 кВт	130–330		ШИМ		±1	
РЭТА, НОНС	Normic, базовая версия	2,5–15 кВт	130–258	стандартный	9	±7,5	±3,5
		20, 25 кВт	148–250				
		2,5–15 кВт	100–228	смещенный вниз			
		20, 25 кВт	120–228				
		2,5–15 кВт	170–303	смещенный вверх			
	20, 25 кВт	178–280					
	Breeze	5,5–11 кВт	130–258		9	±7,5	±3,5
	Shteel	1–25 кВт	101–228	смещенный вниз	16	±3,5	±1,5
			132–245	стандартный			
			153–273	смещенный вверх			
			188–301	гиперповышенный			
	Calmer	6,5–25 кВт	128–237	смещенный вниз	36	±1,5	±0,7
146–255			стандартный				
164–273			смещенный вверх				
182–291			гиперповышенный				
Flagman	6,5–20 кВт	100–288		48		±1	
Strong	100–300 кВт	185–260				±2,5	
Меридиан, ТМ Страж, Днепр	Страж	8,5–60 кВт	135–270	стандартный	7	17	±6,8
			120–250	смещенный вниз			
			145–300	смещенный вверх			
			52–290*)	расширенный			
ПО Баланс, Balance, Макеевка**)	Professional	7–22 кВт	115–245	смещенный вниз	12		±5
			160–270	смещенный вверх	16		±3
			140–250	стандартный	12		±5
			160–270	смещенный вверх	16		±3

Производитель, ТМ, расположение	Серия	Номинальная мощность	Диапазон стабилизации входных напряжений, В	Особенности диапазона	Количество ступеней стабилизации	Шаг регулирования напряжения, В	Точность поддержки выходного напряжения, %
Донстаб, СНПТО	СНПТО	1,3–27 кВт	130–270	дискретная регулировка	7		±7,5
			140–260	плавная регулировка	ФИМ		±1
		35–70 кВт	150–260	дискретная регулировка	7		±5
			160–250	плавная регулировка	ФИМ		±1
	СНПТО (модификация РД – расширенный диапазон)	4–14 кВт	90–290	дискретная регулировка	7		±7,5
			100–280	плавная регулировка	ФИМ	±1	
LVT	АСН-350С	0,35 кВт	140–270		16		±4
	СПП-300	0,3 кВт	90–280		ФИМ		±1
Новатек-Электро	Legat	0,5–6,5 кВт	90–300, 90–420 (для модели Legat 5L)		ШИМ		±1,5
Элекс, Одесса	Ампер	5,5–17,6 кВт	145–275	$U_{вх.мин}=60 В$ $U_{вх.макс}=295 В$	12	10,8	±3,5
	Ампер-Т		145–275		16	8	±2,7
	Ампер-Р		120–275		16	9,6	±3,5
	Ампер-Дуо		145–275		16	8,2	±2,7
	Герц М 16	5,5–22 кВт	150–260	$U_{вх.мин}=120 В$ $U_{вх.макс}=280 В$	16	6,8	±2,5
	Герц М 36				36	3	±1
	Герц 36 v3.0	5,5–17,6 кВт		$U_{вх.мин}=60 В$ $U_{вх.макс}=295 В$	36	3	±1,5/±1
	Гибрид	1,1–8,8 кВт	135–315	$U_{вх.мин}=110 В$ $U_{вх.макс}=325 В$	9	20	±7,5
Укртехнология, Черкассы	Norma	3,5–20 кВА	120–259	стандартный	9		±7
			175–298	смещенный вверх			
	Norma Exclusive	5–20 кВА	120–260		12		±6
	Optimum	3,5–20 кВА	120–250	стандартный	12		±5
			97–225	смещенный вниз			
	Infinity	5–20 кВА	165–295	смещенный вверх	16		±5
			108–278				
	Standart, Standart Ultra	3,5–40 кВА	138–250	стандартный	16		±3
			99–210	смещенный вниз			
			175–286	смещенный вверх			
Universal, Universal Ultra	5–20 кВА	143–252	стандартный	36	±1,5		
		99–205	смещенный вниз				
		175–280	смещенный вверх				
НИК, Киев	NIK STV	6–16 кВА	150–275		16		±10
Лухеоп	EDR, EWR	0,35–7 кВт	140–270		16		±4 (в диапазоне 140–270 В) ±7 (в диапазоне 90–140 В)

¹⁾ Производство под заказ.

²⁾ Компания «Баланс» объявила о прекращении своей работы; сайт производителя (между прочим, один из наиболее профессиональных с нашей точки зрения), в настоящее время недоступен.

³⁾ Компания «Электростиль» прекратила свою работу.

⁴⁾ Оборудование относится к ТМ Prime Plus

«Элекс», «Электромир-Киев») выпускают однофазные устройства в достаточно широком диапазоне мощностей — от 5 до 20 кВт и выше.

Несмотря на то что компании «Баланс» и «Электростиль» (стабилизаторы Constanta) внезапно прекратили свою работу на рынке, мы посчитали возможным представить в табл. характеристики выпускавшегося ими оборудования.

В предыдущей публикации по стабилизаторам (СИБ 3, 2016 г.)

достаточно подробно были описаны симисторные и тиристорные стабилизаторы компаний «Укртехнология», «Элекс», «Электромир-Киев», «РЭТА», «Донстаб», «Прочан». Очевидно, что круг упомянутых производителей далеко не ограничивается данным списком. В настоящей статье мы детальнее упомянем устройства, о которых не было рассказано в предыдущей статье, а также выполним небольшой сравнительный анализ представленной на рынке продукции.

Phantom Power Equipment

На украинском рынке компания Phantom Power Equipment (www.phantom.com.ua) появилась в 2001 году. До 2009-го ее производственные мощности располагались в Одессе, а затем были перенесены в Киев. Компания выпускает как простые релейные стабилизаторы серии Standart, так и тиристорные устройства серий: ➔ Standart+ — 9 ступеней по 15 В, точность регулировки ±8 В;

мощность от 6 до 15 кВт; диапазон стабилизации 125–260 В, напряжение отсечки 100 и 275 В;

→ Universal — 17 ступеней по 10 В, точность регулировки ± 5 В; мощность от 6 до 20 кВт; диапазон стабилизации 105–275 В, напряжение отсечки 75 В и 290 В;

→ Premium — 25 ступеней по 5 В, точность регулировки ± 3 В; мощность от 6 до 20 кВт; диапазон стабилизации — 135–270 В, напряжение отсечки — 90 В и 290 В.

Наряду с этим производитель имеет в своем портфеле устройства плавной регулировки (серия Elit), выполненные в виде системы вольтодобавочного типа с фазоимпульсной модуляцией (ФИМ), точность регулировки ± 2 В ($\pm 1\%$); мощность от 6 до 20 кВт. Доступны варианты исполнения со стандартным диапазоном регулировки — 135–240 В, заниженным — 115–220 В, повышенным — 160–265 В и сверхзавышенным — 185–290 В.

Принцип работы ФИМ был детально рассмотрен нами в предыдущей публикации. Ее достоинством является высокая точность коррекции напряжения (0,5–1%). Недостаток — наличие нелинейных искажений, вызванных тем фактом, что переключение между отводами выполняется два раза в течение одного периода напряжения ($T=20$ мс) и осуществляется не в точке перехода синусоиды через нулевое напряжение, а в том месте, которое позволяет выполнить его плавную коррекцию. Отфильтровать полностью эти гармоники трудно, поскольку они находятся в низкочастотной области.

«Электромир-Киев»

О стабилизаторах Volter компании «Электромир-Киев» (<http://volter.ua>) мы уже писали год назад. Продукция достаточно хорошо известна на отечественном рынке и предлагается на территории Украины, в том числе и через сети интернет-магазинов. «Электромир-Киев» изготавливает автотрансформаторы на своих производственных мощностях, используя медный провод. Коммута-

ция отводов выполняется с помощью релейных схем (решения для котлов) и симисторов Semikron. Кроме устройств, базирующихся на переключении обмоток автотрансформаторов, а это серии Volter (2–27 кВт) и Volter Home Line (4–11 кВт), производитель выпускает бесступенчатые инверторные системы (серия Etalon (7–27 кВт), в основе которых лежит широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Очевидно, что стабилизаторы этого типа обладают высокой точностью формирования выходного напряжения ($\pm 1\%$) и широким входным диапазоном (130–330 В).

В феврале 2017 года было объявлено о выходе на рынок новой модели стабилизатора напряжения — Volter-2100, который предназначен, в первую очередь, для предохранения аудио-, видео- и бытовой техники, выпущенной для японского и американского рынков (100 В и 120 В), от скачков напряжения. В устройствах предусмотрены три розетки на 230 В.

«Меридиан»

Компания «Меридиан» (<http://meridiandnepr.com>) расположена в городе Днепр и производит симисторные стабилизаторы напряжения под торговой маркой «Страж» мощностью 8,5–60 кВт. Все модели стабилизаторов используют 7-ступенчатую однокаскадную схему стабилизации. Стандартный рабочий диапазон имеет пределы 135–270 В. Производитель выпускает также устройства со смещенными вниз (90–250 В) и вверх (160–310 В) диапазонами входных напряжений. По специальному заказу он может быть расширен до 52–300 В.

Стабилизаторы «Страж» отличаются устойчивостью к сварочным работам и к импульсным помехам.

Следует также отметить их широкие рабочие границы. Нижний и верхний пороги отсечки лежат в диапазонах 36–73 В и 255–300 В соответственно. Автотрансформаторы для своих устройств компания производит самостоятельно, задействуя для этого алюминиевый провод. Симисторы используются

от ST Microelectronics. По словам представителей компании, около половины всей продукции изготавливается по предварительным заказам. В 2016 году продавались в основном устройства мощностью 8,5; 15 и 22 кВт.

Из интересных проектов отмечается установка системы из трех стабилизаторов мощностью 40 кВт каждый для питания системы кондиционирования одного из офисов, в котором содержатся около 30 кондиционеров. При этом один из стабилизаторов постоянно находится в холодном резерве. Еще одно решение связано в установке шести устройств мощностью по 22 кВт для базы отдыха.

«Элекс»

Компания «Элекс» (<https://eleks.su>) в 2016 году расширила верхний предел мощностей линейки однофазных стабилизаторов серии «Ампер» до 17,6 кВт. При этом выполнено разделение модельного ряда оборудования на подклассы:

→ «Ампер» — 12 ступеней стабилизации, точность стабилизации $\pm 3,5\%$;

→ «Ампер-Т» — 16 ступеней стабилизации, точность стабилизации $\pm 2,7\%$;

→ «Ампер-Р» — 16 ступеней стабилизации, точность стабилизации $\pm 3,5\%$;

→ «Ампер-Дуо» — 16 ступеней стабилизации, точность стабилизации $\pm 2,7\%$.

Устройства мощностью 5,5–8,7 кВт выполнены на симисторах, а мощностью 11–17,6 кВт — на тиристорах.

В 2017 году планируется выпустить новые модели стабилизаторов «Герц 36 v3.0» (предлагаемая в настоящее время продукция серии «Герц М 16» и «Герц М 36» имеет модификацию v2.0). Их изюминкой станет ЖК-дисплей, а также встроенный регистратор событий сети, позволяющий контролировать ее параметры в динамике. На основании сохраненных в памяти данных дисплей стабилизатора будет отображать графическую информацию, по-

звоя анализировать состояние сети за 2-недельный период.

SinPro

Харьковская компания SinPro (<http://sinpro.ua>) выпускает широкий спектр различных стабилизаторов напряжения, предназначенных для: «котлов», «бытовой техники», «дома», «дома и оборудования», «дачи», «квартиры», «насосов».

Стабилизаторы серии «Оберіг» малой мощности (0,25–0,4 кВт) являются релейными системами. Модели более высокой мощности — тиристорные, они имеют 9 степеней стабилизации и выпускались в модификациях 5 и 8 кВт. В 2017 году был несколько переформатирован и расширен модельный ряд, который дополнительно включает теперь модификации на 5,5; 7 и 9 кВт. Вскоре также планируется начать выпуск устройств на 11 кВт.

В линейке устройств «Гарант 220V» появились новые модели, что расширило диапазон мощностей с 7 до 18 кВт. Это же касается и модельного ряда серии «Гарант 220V Премиум ЭКО», которая теперь содержит стабилизаторы мощностью 9, 11, 14 и 22 кВт. Рабочий диапазон входных напряжений стабилизаторов «Гарант» — 120–265 В. Количество степеней стабилизации — 16.

Отметим, что автотрансформаторы для стабилизаторов компания изготавливает на собственных мощностях. При этом в зависимости от модели может использоваться как медный, так и алюминиевый провод. Во многих случаях применение последнего позволяет улучшить такие параметры трансформаторов, как температурный режим, себестоимость и надежность.

«НИК»

Компания «НИК» (nikgenerator.com.ua) запустила производство собственных стабилизаторов Volt Protector в 2014 году. В настоящее время линейка содержит

четыре модели мощностью 6, 8, 12 и 16 кВт. Начата разработка систем STV-01, STV-24 соответственно на 1 и 24 кВт. В оборудовании используются автотрансформаторы с медной обмоткой, а также тиристорные и симисторные элементы из Германии и Китая.

«Траст Энерджи»

Компания «Траст Энерджи» (<http://trast-enerdzhi.prom.ua>) предлагает стабилизаторы двух торговых марок: *Vektor Energy* и *Prime Plus*. Первая представлена сериями *Airy*, *Airy-II*, *Trust*, *Wide*, которые имеют 12 степеней стабилизации, а также серией *Lux*, выполненную с 16 степенями. Модельные ряды *Vektor Energy* включают оборудование мощностью от 8 до 18 кВт, за исключением серии *Lux* (8–22 кВт). Стабилизаторы *Prime Plus* представлены сериями *Standart* (135–255 В) и *Wide* (115–275 В) мощностью 7–18 кВт. Производитель использует для изготовления автотрансформаторов указанных стабилизаторов обмотку из медного провода. В качестве силовых ключей для устройств *Vektor Energy* применяются тиристоры IXYS CLA 100 с рабочим током 140 А, для *Prime Plus* — модульные тиристоры того же производителя.

Весь модельный ряд стабилизаторов оснащен современными системами защиты от короткого замыкания, от длительного перегрузки сети, от высокого входного напряжения. Имеется встроенная функция автоматического восстановления после любого аварийного завершения работы стабилизатора. Основными преимуществами оборудования «Траст Энерджи» являются значительный запас по мощности силовых ключей и трансформатора (от 15 до 30% от номинала в зависимости от серии), возможность корректировки выходного напряжения в ручном режиме, фиксация в памяти всех аварийных завершений, а также отработанного времени, применение высокотехнологичных электронных элементов и комплектующих.

«Новатек-Электро»

Появившись на рынке относительно недавно, компания «Новатек-Электро» предлагает стабилизаторы *Legat* мощностью 0,5; 3,5 и 6,5 кВт, которые обеспечивают стабилизацию в диапазоне 90–300 В или 90–420 (для модели *Legat 5L*). Точность стабилизации $\pm 1,5\%$ достигается за счет использования широтно-импульсной модуляции.

LVT

Компания LVT (lvt.ua) предлагает на рынке как симисторные 16-ступенчатые стабилизаторы типа АСН-350С мощностью 0,35 кВт и диапазоном 140–270 В, так и системы СПП-300 с ШИМ мощностью 0,3 кВт, работающие в диапазоне 90–280 В.

Мощность декларированная и реальная

Большинство стабилизаторов напряжения успешно решают задачу коррекции выходного напряжения на нагрузке. Однако мощность, которую может обеспечить стабилизатор при снижении входного напряжения, также при этом падает. Другими словами, если номинальное значение (при напряжении 220 В на входе) составляет, например, 10 кВт, то при снижении входного напряжения на 10% указанный показатель также снизится на 10% и составит лишь 9 кВт. На эти свойства стабилизаторов указывают в своих публикациях многие производители, рекомендуя при выборе устройств учитывать данную особенность.

Уменьшение мощности в равной степени относится не только к симисторным и тиристорным схемам, но также к релейным и сервоприводным. Другими словами, это общее свойство предлагаемых систем стабилизации, базирующихся на автотрансформаторах. Чтобы иметь возможность запитать имеющуюся нагрузку при снижении сетевого напряжения, следует приобретать стабилизатор

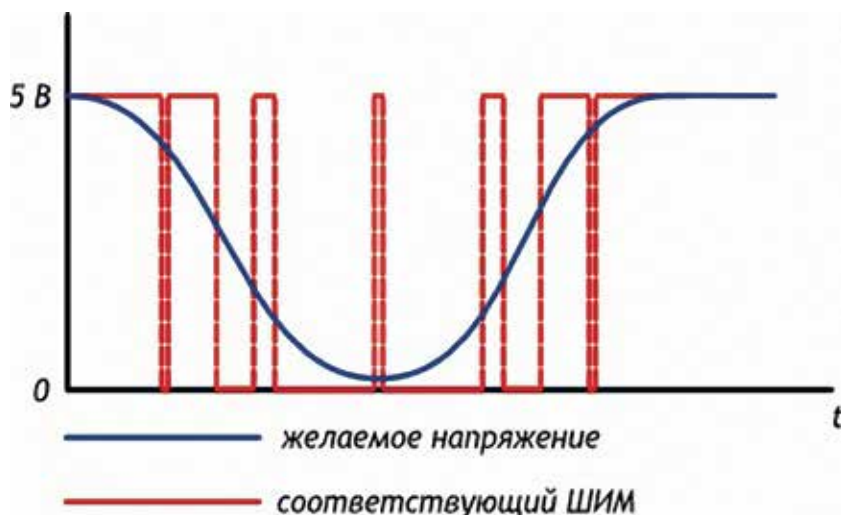


Рис. 1. Аппроксимация синусоиды с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ)

с номинальной мощностью выше, чем это нужно при $U_{вх}=220$ В.

Однако не все так плохо. Ведь в случае повышения входного напряжения передаваемая стабилизатором мощность также вырастет. Причем потребителю ничего не придется доплачивать за эти возможности. Это как бы подарок от законов физики. В этом случае к стабилизатору можно будет подключить дополнительную нагрузку, за потребление электроэнергии которой, впрочем, платить все же придется.

Вот пример, который приводит компания «Прочан». Для своего симисторного стабилизатора СНОПТ мощностью 35 кВт производитель указывает, что при входном напряжении 136 В (в данном случае это нижний порог стабилизации) номинальная мощность снижается до 21,7 кВт. Если же входное напряжение достигнет 278 В (это верхний порог стабилизации), то мощность вырастет до 44,4 кВт.

Фазо-импульсная или широтно-импульсная

Для осуществления плавной регулировки напряжения на выходе стабилизатора может использоваться *широтно-импульсная модуляция* (ШИМ). Она применяется в ИБП с двойным преобразованием, а также в линейно-интерактивных источниках. На укра

инском рынке подобные системы (серия Volter Etalon) предлагают компании «Электромир-Киев», LVT, «Новатек-Электро». Наиболее широкий диапазон стабилизаторов с ШИМ у «Электромир-Киев» — от 7 до 27 кВт.

Отметим, что в более простых источниках питания вместо ШИМ может применяться аппроксимация синусоиды ступенчатой функцией.

Идея широтно-импульсной модуляции состоит в том, что для получения требуемой формы выходного напряжения (в данном случае синусоидальной) на вход устройства подается постоянное напряжение, которое с помощью ключа по определенному алгоритму переключается на выход. Это напряжение может быть как одно- так и двухполярным. В спектре сформированной цепочки импульсов будет присутствовать низкочастотная (50 Гц) составляющая выходного синусоидального напряжения, которая нам, собственно, и нужна (**рис. 1**). С помощью фильтра нижних частот (ФНЧ) эту гармонику отфильтровывают от высокочастотных компонентов спектра.

Если ШИМ применить в стабилизаторе, то мы получим фиксированное действующее значение выходного напряжения. При этом важно добиться хорошей стабилизации на входе ШИМ-преобразователя (!).

Для корректировки уровня напряжения на выходе стабилизатора можно использовать более простую *фазо-импульсную модуляцию* (ФИМ). Она предполагает работу с исходным входным сигналом, взятым с двух разных отводов автотрансформатора (или каким-то иным способом) и коммутируемым на выход системы в определенных точках синусоиды. В предыдущей статье по рынку стабилизаторов мы описали эту процедуру, иллюстрации для которой были позаимствованы из технической документации компании «Донстаб». В этом случае на выход системы попеременно подается напряжение $U_1(t)$ и $U_2(t)$ с двух различных отводов, как, например, показано на **рис. 2**. Это приводит к тому, что среднее значение выходного напряжения примет промежуточное значение $U_{ср} = (U_1 + U_2)/2$.

В настоящее время в стабилизаторах «Донстаб» используется возможность работы в трех режимах — ступенчатом и двух плавных, установка которых задается внешним переключателем.

Режимы выбираются потребителем в зависимости от условий эксплуатации и типа нагрузки. «Плавный» обеспечивает максимально точное поддержание выходного напряжения $220 \text{ В} \pm 1\%$ при коэффициенте мощности $\cos \phi \geq 0,8$. «Плавный-2» используется в основном при питании люминесцентных ламп с простейшими схемами управления, устраняя эффект «мерцания». При этом несколько снижается точность выходного напряжения $220 \text{ В} -1\% / +2\%$. Используется для большинства бытовых нагрузок с коэффициентом мощности $\cos \phi \geq 0,8$. «Ступенчатый» режим применяется в основном в случаях, когда поддержание выходного напряжения в плавном режиме невозможно вследствие низкого значения $\cos \phi$ либо когда в нагрузке используются простые устройства управления с фазным регулированием (например, светорегуляторы, терморегуляторы «теплого пола» на тиристорах),

СЕТИ & БИЗНЕС

телекоммуникации и сети – технологии и рынок

*Для людей
с высоким IQ*

РЕДАКЦИОННАЯ ПОДПИСКА 2017:
тел. : +38 044 4960578,
podpiska@sib.com.ua

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС - 23560
www.sib.com.ua

совместная работа с которыми снижает устойчивость работы стабилизатора в «плавных» режимах.

Как нам стало известно, аналогичное решение с ФИМ предлагает также компания Phantom Power Equipment в своей серии «Элит».

Системы с фазо-импульсной модуляцией, кроме того, что идея сама по себе красивая, имеют и определенные недостатки. Прежде всего легко предположить, что выходное напряжение, которое на периоде сетевого напряжения ($T=20$ мс) является суммой четырех отрезков синусоид, будет иметь гармоники (в данном случае четные) на частотах 100, 200, ... $N \cdot 100$ Гц. Теоретически их можно попытаться подавить, но пассивные фильтры на таких частотах будут весьма громоздкими. Коэффициент нелинейных искажений может при этом составить 3–5%. Кроме того, нагрузка иногда содержит элементы с фазным регулированием, возможность наличия которых была упомянута выше. Это вынуждает переключать устройство с плавного режима стабилизации на ступенчатый.

Как охватить весь диапазон

В силу различной удаленности от трансформаторной подстанции, загруженности энергосети и даже времени года, потребитель нередко сталкивается с ощутимо пониженным или завышенным сетевым напряжением. Зачастую летом показатели могут превышать норму, зимой — не дотягивать до нее. Это наиболее неприятный случай. Но потребитель может также сталкиваться не только с проблемой регулирования входного напряжения в широком диапазоне, но и с задачей его постоянного повышения или понижения.

Поскольку в некоторых случаях поведение сети может быть предсказуемо, производители предлагают собственные решения, позволяющие успешно преодолевать проблемы. Способов может быть несколько.

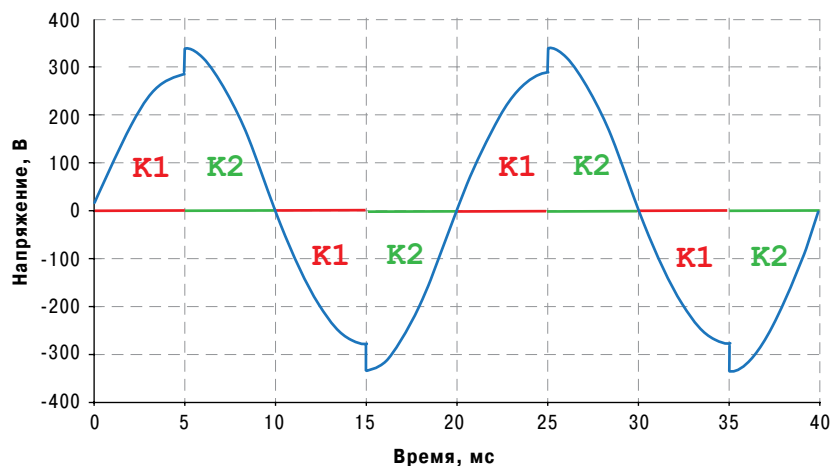


Рис. 2. Иллюстрация работы стабилизатора напряжения с фазо-импульсной модуляцией

Подстроиться под колебание напряжения в широком диапазоне можно, разработав, например, универсальный *широкодиапазонный стабилизатор*, который может регулировать напряжение в значительных пределах.

По такому пути пошла компания «Прочан», в портфеле продукции которой имеются стабилизаторы серии *СНОПТ (Ш)*, имеющие 16 ступеней регулировки и обеспечивающие работу устройства в пределах от 80 до 304 В. Отметим, что диапазон стабилизации при этом составляет $U_{вх}=90-295$ В при точности $\pm 5\%$.

Аналогичным образом поступила компания «Траст Энерджи», стабилизаторы серии *Prime Plus* которой охватывают диапазон $U_{вх}=115-275$ В за счет увеличения шага коррекции до 10 В при 16 ступенях переключения.

Несмотря на то что компания «Элекс» выпускает стабилизаторы «Герц М 36», которые имеют 36 степеней стабилизации и точность $\pm 1\%$, для решения задачи охвата максимально широкой области входных напряжений (диапазон $U_{вх}=135-315$ В) производитель использует серию «Гибрид», имеющую всего 9 ступеней регулировки и точность стабилизации $\pm 7,5\%$.

По максимуму преимущества увеличения числа отводов автотрансформатора использовала компания «РЭТА», чьи устройства серии *Flagman*, имеющие 48 степеней переключе-

ния, обеспечивают диапазон входных напряжений от 100 до 288 В при точности $\pm 1,0\%$.

Если наперед известно поведение сети, то можно поступить по-другому, обеспечив работу стабилизаторов с *предустановленным смещенным входным диапазоном*, который может быть сдвинут в сторону постоянно заниженного (LV) или же завышенного (HV) входного напряжения, либо колебаться в пределах номинального 220 В (MV). По пути производства стабилизаторов со смещенными диапазонами пошла компания «Укртехнология» (серии Norma, Optimun, Standart, Universal), «Баланс» (серия Professional), «РЭТА» (серии Normic, Shteel, Calmer), «Электромир Киев» (серия Volter), «Меридиан», *Phantom Power Equipment* (серия «Элит»).

Хотелось бы отметить устройства серии *Universal* компании «Укртехнология», которые имеют 36 степеней регулировки, обеспечивая корректировку выходного напряжения с точностью $\pm 1,5\%$ при входных диапазонах 143–252 В (MV), 99–205 В (LV) и 175–280 В (HV). Граничные значения для моделей LV и HV других серий можно увидеть в табл.

36-ступенчатые стабилизаторы компании «Электромир-Киев» (серия *Volter nmmu*) обеспечивают сверхширокий диапазон (110–270 В) работы стабилизатора при точности $+1,5\% / -2,5\%$.

Не уступают им и стабилизаторы *Calmer* компании «*РЭТА*», которые также имеют 36 ступеней стабилизации и сдвинутые диапазоны регулировки. Впрочем, 48-ступенчатый стабилизатор *Flagman* обеспечивает точность коррекции напряжения $\pm 1\%$ в диапазоне 100–288 В, что является рекордом как по ширине зазора, так и по точности, достигаемой разве что в стабилизаторах с ШИМ.

В целом же можно говорить, что решения с 36 или 48 ступенями — это по праву высший пилотаж в области создания стабилизаторов.

Необычное и достаточно гибкое решение вопроса адаптации стабилизатора под непредсказуемые изменения сетевого напряжения предложила компания «*Электролаборатория*», выпускающая как симисторные (УСН), так и релейные стабилизаторы (СКР) под торговой маркой «*Модуль-С*». Эти устройства могут иметь один, два или три переключаемых рабочих диапазона входных напряжений.

В отличие от стабилизаторов, предназначенных только для пониженного либо повышенного напряжения, указанные модели сами выбирают нужный диапазон и при необходимости автоматически переходят в другой. При этом у владельца такого аппарата нет необходимости в покупке нового стабилизатора при радикальном изменении характера поведения входного напряжения.

Так, однодиапазонные стабилизаторы УСН имеют 9 ступеней (126–265 В, точность $\pm 7\%$) и 16 (126–252 В, точность $\pm 3,5\%$). Двухдиапазонные устройства могут при необходимости переключаться в двух интервалах, обеспечивая регулировку в пределах 99–275 В (11 ступеней, точность $\pm 7\%$) или 104–252 В (19 ступеней, точность $\pm 3,5\%$). Трехдиапазонный стабилизатор с 22 ступенями регулирования позволяет обеспечить питание нагрузки в диапазоне $U_{вх} = 95–282$ В с точностью $\pm 3,5\%$.

Хотелось бы также отметить наличие у компании «*Электролаборатория*» релейных стабилизаторов, обладающих способностью

регулировки в нескольких диапазонах (серия СКР). Здесь предлагается пока что только две модели (7 и 8 кВт), которые в трех модификациях позволяют обеспечить классический (126–265 В), широкий (99–265 В) и сверхширокий (99–295 В) диапазоны входных напряжений при точности $\pm 7\%$.

И в заключение отметим наличие на украинском рынке стабилизаторов непрерывного типа, основанных на использовании фазоимпульсной (ФИМ) и широтно-импульсной модуляций (ШИМ). Преимущества этих устройств перед стабилизаторами вольтодобавочного типа неоспоримы. Охватываемый при этом диапазон входного напряжения составляет 130–330 В (стабилизаторы *Volter Etalon*), 90–300 В и 90–420 В (серия *Legat* компании «*Новатек-Электро*»), 100–280 В (модификация РД стабилизаторов СНПТО «*Донстаб*»), 135–240 В (серия *Elit*) компании *Phantom Power Equipment*, в портфеле которой есть также модели для сдвинутых диапазонов.

Выбор типа устройства для обеспечения надежной работы оборудования упирается в цену. Очевидно, что стабилизаторы с ШИМ — самые качественные, но при этом и наиболее дорогие устройства.

Элементы защиты

Кроме основных параметров стабилизатора, таких как рабочий диапазон, пределы стабилизации, количество ступеней и точность, немаловажную роль играет «система защиты и внутреннего жизнеобеспечения». Устройство должно надежно работать при самых различных условиях: адекватно реагировать на выход напряжения за пределы допустимого диапазона, обеспечивать широкие температурные условия работы и одновременно реагировать на перегрев автотрансформатора, тиристоров, перегрузку, короткое замыкание, а также иные форс-мажорные обстоятельства, к которым относятся всевозможные неполадки. И хотя полностью учесть все факторы не представ-

ляется реальным, но от наиболее вероятных неприятностей следует себя обезопасить.

Большинство производителей отключают стабилизатор от сети при выходе напряжения за нормативные пределы. Некоторые, например, обеспечивают даже регулировку порогового значения входного напряжения, при которой выполняется аварийное отключение стабилизатора. Нагрузка при этом, очевидно, также обесточивается.

Представляет интерес выбор номинального значения величины выходного напряжения стабилизатора. Обычно это 220 В, хотя, как известно, параллельно работает и стандарт 230 В. Ряд производителей позволяют регулировать эту величину в пределах 210–230 В.

Украинский рынок стабилизаторов формируется грамотными и опытными разработчиками оборудования, которые направляют свои усилия на дальнейшее развитие отечественных систем гарантированного электроснабжения. Уже сейчас ряд отечественных производителей выпускает не только стабилизаторы, но и собственные резервные и линейно-интерактивные ИБП. Если посмотреть более глобально, то спектр решений, предлагаемых украинскими компаниями, гораздо шире и включает системы автоматизации и учета электроэнергии, комплексы по альтернативной энергетике, аккумуляторы и генераторы, зарядные устройства и сварочные аппараты.

Чтобы корова давала молоко, ее недостаточно лишь доить, надо еще кормить и заботиться о ней. Понимание этого, несомненно, есть. Отсутствует лишь стремление ухаживать за этой «коровой». Потенциальные возможности налицо, а инженерные кадры могут вывести нашу страну из кризиса. Будем верить, что это удастся.

Автор благодарит компании, принявшие участие в анкетировании украинского рынка стабилизаторов.

Владимир СКЛЯР, СИБ