

# Синхронные генераторы для автономных установок

(Продолжение. Начало в Э 9, 10/2004)

Д.А. Дуюнов, А.В. Пижанков, С.Н. Левачков, г. Стаханов, Луганская обл.

На входе суммирующего усилителя происходит сравнение сигнала установки, т.е. сигнала, пропорционального текущему значению напряжения, с сигналом, пропорциональным отношению  $U/f^2$ , полученным с выхода измерительного органа. Временные диаграммы, поясняющие работу блока автоматики, показаны на **рис.6**.

Сигнал рассогласования между указанными сигналами усиливается и с выхода суммирующего усилителя подается на вход компаратора широтно-импульсного модулятора (ШИМ), где сравнивается с пилообразным напряжением, поступающим с выхода задающего генератора. В результате на выходе ШИМ формируются импульсы прямоугольной формы, коэффициент заполнения которых зависит от величины сигнала рассогласования. Коэффициент заполнения представляет собой отношение длительности прямоугольного импульса  $t_n$  к периоду следования  $T$ . Импульсы прямоугольной формы с выхода ШИМ усиливаются и используются в качестве управляющих сигналов транзисторного ключа, включенного в цепь обмотки возбуждения генератора. При изменении сигнала рассогласования от нуля до величины амплитудного значения пилообразного напряжения, коэффициент заполнения меняется от 1,0 до 0, а ток возбуждения генератора  $I_B$  - от своего максимального значения до минимального. Переключение транзисторного ключа осуществляется с постоянной частотой, определяемой частотой пилообразного напряжения задающего генератора ШИМ.

Для снятия коммутационного перенапряжения на обмотке возбуждения генератора, возникающего при переключении транзисторного ключа, и защиты последнего от пробоя используется шунтирующий диод, который обеспечивает прохождение тока  $I_B$  через обмотку возбуждения при размыкании ключа.

Измерительный орган блока автоматики включает измерительный

трансформатор Т2, первичная обмотка I которого включена на линейное напряжение рабочей обмотки генератора. Вторичная обмотка II вместе с выпрямителем U5, фильтром C10 и нелинейным мостом V14V15R29R30 формирует сигнал постоянного напряжения, пропорциональный текущему значению напряжения генератора. Момент перехода указанного напряжения через ноль регулируется с помощью потенциометра R28. Вторичная обмотка III вместе с трехступенчатой интегрирующей цепочкой R13+R15, C4-C6 и активным выпрямителем на DA4, DA5 формирует сигнал постоянного напряжения, пропорциональный отношению  $U_{ГЕН}/f^n$ :

$U_{ГЕН}/f = \text{const}$  - при положении I тумблера S;

$U_{ГЕН}/f^2 = \text{const}$  - при положении II тумблера S и максимальной величине резистора R17;

$U_{ГЕН}/f^3 = \text{const}$  - при положении I тумблера S и минимальной величине резистора R17.

Работа активного выпрямителя сводится к следующему. При положительном входном напряжении (положительный полупериод) микросхема DA4 работает как инвертирующий повторитель, а микросхема DA5 - как суммирующий усилитель. Учитывая, что  $R44=2R45$ , на выходе DA5 имеет место положительное напряжение (положительный полупериод). При отрицательном напряжении выходное напряжение микросхемы DA4 равно нулю, так как диод V24 открыт, микросхема DA5 работает как инвертирующий повторитель и на выходе также имеет место положительное напряжение. Таким образом, осуществляется двухполупериодное выпрямление.

Суммирующий инвертирующий усилитель на микросхеме DA1 имеет на входе диодное сравнение сигнала, пропорционального напряжению генератора, и сигнала, пропорционального, например,  $U_{ГЕН}/f^2$ . При этом с момента возбуждения генератора и до номинальной частоты вращения сигнал, пропорциональный  $U_{ГЕН}/f^2$ , превышает сигнал, пропорциональный текущему значению напряжения генератора. Диод V9 закрыт, и блок автоматики регулирует напряжение генератора при условии  $U_{ГЕН} = \text{const}$ . При частоте 50 Гц сигнал, пропорциональный текущему значению напряжения генератора, превышает сигнал, пропорциональный  $U_{ГЕН}/f^2$ , диод V9 открывается, а диод V13 закрывается, и блок автоматики регулирует напряжение генератора при условии  $U_{ГЕН} = \text{const}$ . При положении переключателя II тумблера S параллельно конденсатору C4 включается двуханодный стабилитрон V11. Закон регулирования напряжения генератора до момента пробоя стабилитрона определяется трехступенчатой интегрирующей цепочкой R13C4R14C5R15C6. При пробое стабилитрона V11 и увеличении частоты напряжения генератора резко увеличивается до начала регулирования  $U_{ГЕН} = \text{const}$ . Коэффициент усиления суммирующего усилителя определяется отношением значений резисторов R11 и R12. Установка напряжения формируется на стабилитроне V20, снимается с делителя R37R38 и подается на вход суммирующего усилителя через резистор R16 и диод V10. Диоды V10 и V22 служат для компенсации температурного изменения уровня напряжения стабилизации стабилитрона V20 и напряжения установки.

Широтно-импульсный модулятор включает в себя компаратор на базе неинвертирующего операционного усилителя DA3 с коэффициентом усиления, равным бесконечности, релаксационный генератор пилообразного напряжения на базе однопереходного транзистора V12 и неинвертирующий повторитель на микросхеме DA2. Частота генерации пилообразного напряжения составляет 600...800 Гц и определяется сопротивлением резистора R27, емкостью конденсатора C9 и напряжением питания 15 В. Резисторы R33, R34 определяют соотношение сравниваемых сигналов на входе компаратора DA3. Резистор R39 ограничивает максимальный выходной ток. Эмиттерный повторитель является согласующим звеном между релаксационным генератором и компаратором.

Делители напряжения R20R21 и R32R32 ограничивают выходные напряжения DA3. Конденсаторы C7-C9, C11, C12, C16, C17, C21, C22, C24, C25 являются развязывающими фильтрами в цепях питания микросхем DA1-DA5.

Транзистор V7 с ограничительным резистором в коллекторной це-

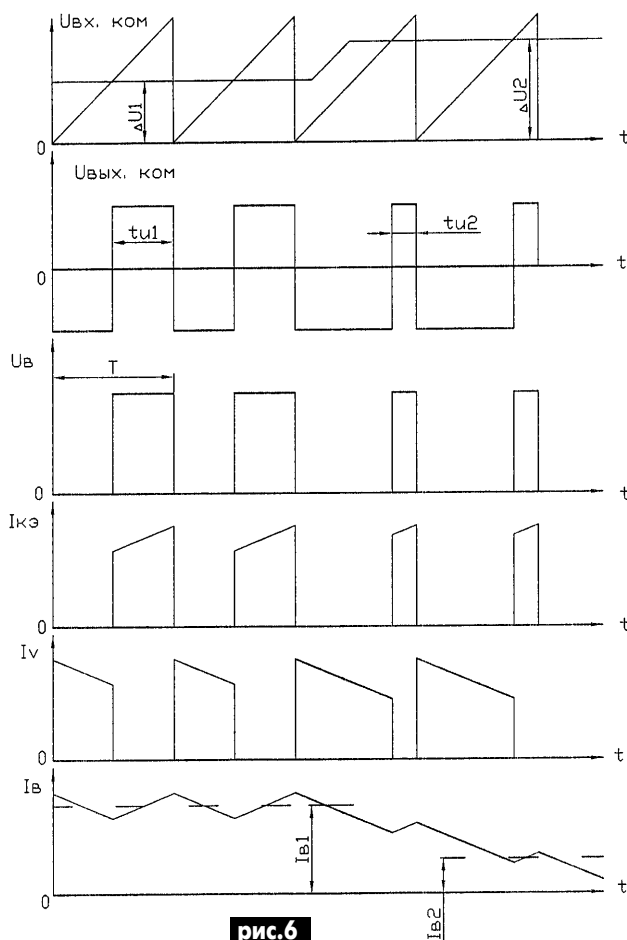


рис.6

пи R8 является усилителем мощности сигнала прямоугольной формы, поступающего с выхода компаратора. В качестве ключевого элемента используется составной транзистор, состоящий из транзисторов V1-V3, включенных по схеме Дарлингтона, с резисторами R2, R3, R5 в базовой цепи, обеспечивающих их надежную работу в ключевом режиме.

Для обеспечения номинального функционирования электронных устройств во всем диапазоне работы источники напряжения, включающие в себя трансформатор с тремя обмотками T1, выпрямительные устройства U6 и U7 с конденсаторами C13, C14, C18, C19 и два двояных транзисторных стабилизатора напряжения, стабилизированы. Транзисторный стабилизатор напряжения представляет собой регулятор, сравнивающий выходное напряжение с опорным, на базе стабилитрона V13 (V26), который вырабатывает сигнал рассогласования, воздействует этим сигналом на регулирующий элемент на базе составного транзистора V17, V23, (V27, V31) и устанавливает заданный уровень выходного напряжения. Для

ограничения тока нагрузки транзисторного стабилитрона используется транзистор V18 (V29) с резисторами R40 (R48). Для разгрузки по току силового транзистора стабилизатора напряжения используется резистор R41 (R49). Стабилитроны V21, V30 и диоды V19, V28 обеспечивают стабилизацию выходного напряжения источника питания в динамических режимах работы при сбросе и подачи нагрузки.

Возбуждение генератора осуществляется узлом возбуждения (УВ) блока автоматики. При увеличении частоты вращения генератор возбуждается от своего фазного напряжения (IC4, IC1), определяемого остаточным намагничиванием, по цепи: тиристор V4, переменный резистор R4, обмотка возбуждения, диод V6. Включение тиристора V4 осуществляется сигналом его анодного напряжения через замыкающий контакт реле К, обмотка которого включена на выходе стабилизированного источника питания через оптотиристор V33. В процессе возбуждения генератора, при достижении фазного напряжения величины 50 В и

тока в цепи возбуждения 2...3 А, электромагнитное реле К срабатывает и отключает обмотку возбуждения генератора от его фазного напряжения. Дальнейшее возбуждение генератора до заданного значения напряжения осуществляется по цепи: исполнительная обмотка генератора, трехфазный выпрямитель (U1, U2, U3), обмотка возбуждения, транзисторный ключ. Узел управления возбуждением обеспечивает только начальный момент возбуждения генератора. Переменный резистор R4 обеспечивает регулирование момента отключения реле К через оптотиристор V33 при достижении в цепи возбуждения заданного тока. Вставка F обеспечивает защиту обмотки возбуждения генератора при выходе из строя любого радиодеталей цепи начала возбуждения. При снятии тока возбуждения генератора размагничивание осуществляется по естественной характеристике, без какого-либо влияния блока автоматики.

(Продолжение следует)

Конденсаторы: C1, C2 - МБГО-2-300 В-30 мкФ; C4-C6 - К73-11-160 В-1 мкФ±5%; C7, C8, C11, C12, C16, C17, C21, C22, C24, C25 - КМ-56-Н90-0,1 мкФ±10%; C9 - К73-11-250 В-0,047 мкФ±5%; C10 - К50-35-100 В-220 мкФ-И; C13, C14, C18, C19 - К50-35-160 В-100 мкФ-И; C15, C20 - К50-35-25 В-22 мкФ-И; C23 - МБМ-160 В-0,25 мкФ±20%.

Микросхемы: DA1-DA5 - УД701. F - вставка ВПБ6-11, 3,15 А; К - реле РПГ-5-210100.  
Резисторы: R1 - С5-35 В-25-47 Ом±10%; R2 - МЛТ-0,5-4,7 Ом±10%-В; R3 - МЛТ-0,5-10 Ом±10%-В; R4 - С5-35 В-25-10 Ом±10%; R5 - МЛТ-0,5-360 Ом±10%-В; R6 - МЛТ-0,5-51 Ом±10%-В; R7 - МЛТ-0,5-22 Ом±10%-В; R8 - МЛТ-2-300 Ом±10%-В; R9 - МЛТ-0,5-1 кОм±10%-В; R10 - МЛТ-0,5-300 Ом±10%-В; R11, R16 - С2-29 В-0,25-6,81 кОм±1%; R12 - С2-29 В-0,25-80,6 кОм±1%; R13 - С2-29 В-1-10 кОм±1%; R14, R15 - С2-29 В-0,25-24 кОм±1%; R17 - ПП3-43-1 Вт-3,3 кОм±10%; R18 - ПП3-43-1 Вт-1,5 кОм±10%; R19 - С2-29 В-0,25-10 кОм±1%; R20, R21 - МЛТ-0,5-3 кОм±10%-В; R22 - МЛТ-0,5-1,3 кОм±10%-В; R24 - С2-29 В-0,25-510 Ом±1%; R25 - МЛТ-0,5-200 Ом±10%-В; R26 - МЛТ-0,5-82 Ом±10%-В; R27 - МЛТ-0,5-30 кОм±10%-В; R28 - ПП3-43-1 Вт-10 кОм±10%; R29, R30 - МЛТ-0,5-10 кОм±10%-В; R31, R32 - МЛТ-0,5-3 кОм±10%-В; R33, R34 - С2-29 В-0,25-4,7 кОм±1%; R35 - МЛТ-0,5-470 Ом±10%-В; R36, R46 - С2-29 В-0,25-4,7 кОм±1%; R37, R38 - С2-29 В-0,25-5,11 кОм±1%; R39 - МЛТ-0,5-2,7 кОм±10%-В; R40, R48 - МЛТ-0,5-3 кОм±10%-В; R41, R49 - С5-35 В-10-3,3 кОм±10%; R42, R43 - С2-29 В-0,25-24 кОм±1%; R44 - С2-29 В-0,25-12 кОм±1%; R45 - С2-29 В-0,25-6,04 кОм±1%; R47 - С2-29 В-0,25-619 кОм±1%.

S - тумблер ТП1-2В. T1 - трансформатор ОСМ1-0,063У3-220-82-82; T2 - трансформатор 633ГА.171.023.  
Полупроводниковые приборы: U1-U4 - модуль диодный МДД-40-4-У2; U5 - диодный мост КЦ402Г; V1 - СВМ4, транзистор ТК235-40-3-1; V2, V3, V23, V31 - транзистор КТ812В; V4 - транзистор Т122-25-10; V5 - диод КД105В; V6 - диод Д112-25-10; V7, V18, V29 - транзистор КТ630А; V8-V10, V13, V19, V22, V24, V25, V28 - диод ДК102А; V11 - стабилитрон КС162А; V12 - транзистор КТ117А; V14, V15 - стабилитрон Д818Д; V16, V21, V26, V30 - стабилитрон КС515А; V17, V27 - транзистор КТ826А; V20 - транзистор КТ826А; V32 - стабилитрон Д818Е; V33 - оптотиристор АОУ103В.  
Разъемы: X1 - вилка ШРГ 32П125Ш1Н; X2 - вилка ШРГ 28П73Ш8Н; X3 - розетка РП10-22Л; X4 - вилка РП10-22Л; X5 - вилка ШРГ 20П25Ш6Н.

## Защита бытовой техники от превышения и понижения напряжения в электрической сети

*В. Лазовик, г. Макеевка, Донецкая обл.*

Целесообразность подобных схем не вызывает сомнений ввиду ухудшения работы служб электрических сетей, плохого состояния воздушных и кабельных линий электропитания.

Принципиальная электрическая схема предлагаемого устройства показана на **рис. 1**, печатная плата и расположение деталей - на **рис. 2**.

Автомат устанавливается сразу после квартирного электросчетчика и служит для отключения квартирной электрической сети в случаях превышения напряжения более допустимого 240 В и понижения менее 160 В. Гистерезис в обоих режимах составляет 20 В. Алгоритм работы устройства такой: при увеличении напряжения в сети до 240 В автомат отключает нагрузку и автоматически включает ее при установлении номинального напряжения 220 В; при понижении напряжения до 160 В автомат полностью отключает нагрузку и автоматически включает ее при установлении в сети минимально допустимого напряжения 180 В, при котором бытовая техника может работать. Уровни срабатывания обоих режимов можно устанавливать индивидуально с помощью резисторов R2 и R3.

Базовый элемент устройства - супервизор

типа КР1171СП10 (детектор понижения напряжения) - представляет собой электронный прибор, вырабатывающий сигнал, когда контролируемое напряжение становится ниже допустимого уровня. В состав прибора входят измерительный мост со стабилитроном, компаратор и транзистор с открытым коллектором. При срабатывании супервизора транзистор переходит в проводящее состояние. Микросхемы выпускаются в пластмассовых корпусах КТ-26. Более подробно о типах и электрических параметрах супервизоров можно ознакомиться в [1] или в сети Интернет.

Схема устройства содержит: сетевой выпрямитель VD1-VD4, конденсатор C1 с делителем напряжения R1 (общий) и R2 и R3 (подстроечные), к выводам которых подключаются супервизоры, понижающий выпрямитель для работы электрической схемы VD5-VD8, C3, C4, стабилитрон VD9, транзисторные ключи VT1, VT2, излучающий светодиод HL1, устанавливаемый на корпусе устройства, служащий для контроля состояния работы электрической схемы и оптрона типа АОУ103В, который управляет исполнительным устройством - магнитным пускателем 1-й величины.

**Принцип действия.** В дежурном режиме, когда сетевое напряжение не превышает допустимого значения, супервизор D1 открыт, соответственно, открыт транзистор VT1. В результате прохождения постоянного напряжения со стабилитрона VD9 через открытые переходы транзисторов VT1, VT2, ограничительный токовый резистор R8, контрольный светодиод HL1 и светодиод оптрона VU1 загораются светодиоды и срабатывает исполнительное устройство - магнитный пускатель П1, через контакты которого подключается вся квартирная электропроводка. Когда сетевое напряжение превысит максимально допустимый уровень, супервизор D1 закрывается, закрывается транзистор VT1, протекание тока через светодиод оптрона прекращается, в результате разрывается цепь питания обмотки пускателя П1. Исполнительное устройство обесточивается, и вся квартирная электропроводка со всеми потребителями отключается от электросети.

При понижении напряжения в электросети ниже 160 В срабатывает супервизор D2. В результате закрывается транзистор VT2, ток не протекает через контрольный светодиод и оптрон, что в конечном итоге приводит к обесточиванию обмотки пускателя П1 и от-