

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **018813**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2013.10.30

(51) Int. Cl. *G05F 1/30* (2006.01)

(21) Номер заявки
201001720

(22) Дата подачи заявки
2009.08.31

(54) **СТАБИЛИЗАТОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ (ВАРИАНТЫ)**

(31) **2008136842**

(56) US-A-4774451
DE-A1-3511182
GB-A-1300229
SU-A-1051510

(32) **2008.09.16**

(33) **RU**

(43) **2011.04.29**

(86) **PCT/RU2009/000441**

(87) **WO 2010/033053 2010.03.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**КЛАВСУЦ ДМИТРИЙ
АЛЕКСАНДРОВИЧ (RU)**

(72) Изобретатель:

**Фейгин Лев Залманович, Левинзон
Сулейман Владимирович, Косой Петр
Львович, Клавсуц Ирина Львовна,
Серегина Алла Анатольевна, Фейгин
Игорь Львович (RU)**

(57) Изобретение относится к электрическим автоматическим системам, в которых восстанавливаются эталонные значения регулируемого напряжения переменного тока. Защиту стабилизатора осуществляет система силовых автоматов. Двухполюсный автомат (21) включен таким образом, что его первый контакт установлен между входом фазного провода сети и точкой соединения входа регулировочного узла (2) с одним из выводов независимого расцепителя (22), являющимся входом дополнительного узла защиты (16), выполненного в виде диодного моста (17), выход которого подключен к силовым электродам тиристора защиты (18). Второй вывод расцепителя (21) подключен к входу диодного моста (17), второй контакт силового двухполюсного автомата включен между выходом регулировочного узла (2) и точкой соединения нагрузки (3) и выходным конденсатором (15), образуя, таким образом, трехполюсный автомат защиты, контакты которого по определенной схеме включены между вторым входом первичной обмотки трансформатора и сетью (1). Между сетью и нагрузкой включен силовой двухполюсный автомат резервирования (26), а между первым выводом независимого расцепителя силового двухполюсного автомата (22) и нейтральным проводом включена кнопка дистанционного управления (27). Предложены варианты стабилизатора переменного напряжения, ограничивающие его величину "сверху", "снизу"; "снизу" и "сверху" для одного стабилизатора и стабилизатора в виде каскадной схемы с расширенными защитными и сервисными функциями, включая усовершенствование ряда узлов.

B1

018813

018813

B1

Область техники

Изобретение относится к области электротехники, к автоматическим системам для преобразования переменного тока в переменный, предназначенным для преобразования входной энергии переменного тока в выходную энергию требуемого вида, например для изменения напряжения, частоты или числа фаз, а точнее - к автоматическим системам, в которых отклонения электрической величины от одного или нескольких эталонных значений, взятые на выходе системы, передаются обратно на один из блоков системы для восстановления эталонного или эталонных значений регулируемой электрической величины, т.е. системы с обратной связью, и может быть предназначено для использования в электросетях или аналогичных системах энергоснабжения жилых и общественных зданий, системы электропитания электротехнической аппаратуры, осветительных сетей, систем связи, автоматики и телемеханики с целью оптимизации работы электрооборудования и энергосбережения.

Предшествующий уровень техники.

Стабилизация напряжения переменного тока требуется в электропитании, системах автоматики, электроприводах переменного тока и многих других электронных устройствах. Для этого часто применяются магнитные усилители, многообмоточные трансформаторы с тиристорной коммутацией обмоток, различные тиристорные схемы, изменяющие действующее значение напряжения за счет искажения формы синусоиды. Указанные устройства, как правило, имеют относительно большую массу и габариты, не обеспечивают требуемые пределы регулирования напряжения или искажают форму синусоидального напряжения.

При этом важным параметром, определяющим экономичность устройств стабилизации напряжения переменного тока, является наличие рекуперации энергии при реактивном характере нагрузки. Рекуперация энергии возможна при наличии гальванической связи между источником и потребителем электроэнергии. Однако все трансформаторные схемы устройств регулирования напряжения переменного тока не обеспечивают рекуперацию.

Для стабилизации величины напряжения переменного тока на нагрузке также применяют автотрансформаторные устройства, управляемые двигателем. Автотрансформаторные устройства обеспечивают рекуперацию энергии при комплексном характере нагрузки, однако и эти устройства имеют сравнительно большие массу и габариты, являются дорогостоящими и имеют низкое быстродействие.

Для стабилизации и регулирования указанных выше параметров электроэнергии в трехфазных сетях электроснабжения приемников различного функционального назначения широко известен способ механического переключения отводов регулировочной обмотки питающего трансформатора (см. Журавин Ю.Д., Минцис М.Я., Музыченко И.И. Электроснабжение цехов электролиза алюминия. - Новокузнецк, СибГУ, 2000, с. 46-47).

Стабилизационные схемы, используемые для реализации этого способа, имеют много недостатков, основными из которых являются быстрый электроизнос контактов, низкое быстродействие и невозможность мелкоступенчатого регулирования напряжения на выходных зажимах питающего трансформатора. Последнее не позволяет стабилизировать ток в контуре серии электролизеров алюминия с точностью $\pm 1\%$, как этого требует технология производства алюминия.

Известен стабилизатор переменного напряжения [патент РФ № 2100837, кл. G05F 1/30, H02M 5/12, 1996], содержащий трансформатор, первичная обмотка которого подключена к выводам для подключения входного напряжения через коммутирующий блок, а вторичная обмотка трансформатора подключена между выводами для подключения входного напряжения и выводами для подключения нагрузки. Коммутирующий блок в этом устройстве включает две пары коммутирующих элементов, каждая из которых состоит из размыкающего и замыкающего контактов. Кроме того, устройство содержит четыре мостовые схемы, трансформатор управления, силовой ключ, ключ управления и разделительный конденсатор, устройство сравнения и управления.

Основными недостатками такого стабилизатора являются наличие мощного коммутирующего ключа, дополнительного трансформатора управления, значительные коммутационные токи в процессе работы, что отрицательно сказывается как на надежности коммутирующих элементов, так и на электромагнитной совместимости всего устройства в целом, наличие линейно-ключевого режима. Кроме того, отсутствуют какие-либо защитные устройства.

Известен также стабилизатор переменного напряжения [патент РФ № 2158954, кл. G05F 1/30, H02M 5/12, 1999], содержащий трансформатор, первичная обмотка которого через коммутирующий блок, содержащий коммутирующие элементы, подключена к выводам для подключения входного напряжения, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки, устройство сравнения и управления. Коммутирующий блок выполнен в виде размыкающего и замыкающего контактов, первичная обмотка трансформатора подключена параллельно вторичной непосредственно и через размыкающий контакт, параллельно ограничительному резистору, включенному между нулевым проводом и замыкающим контактом, включен замыкающий контакт третьего промежуточного реле, параллельно первичной обмотке упомянутого трансформатора включен конденсатор, устройство сравнения и управления выполнено в виде схемы контроля и управления, контролирующей увеличение или уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня.

Недостатком этого устройства является отсутствие защитных узлов и несовершенная схема управления.

Известен многоступенчатый стабилизатор переменного напряжения [патент РФ № 2237270, кл. G05F 1/30, H02M 5/12, 2003], выполненный в виде последовательно соединенных n -каскадов, каждый из которых содержит регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде соединенных последовательно размыкающего и замыкающего контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и две RC-цепи а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора подключена к входу и выходу регулировочного узла, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной и вторичной обмоток соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети и цепью нагрузки непосредственно, а вторые выводы обмоток соединены между собой через размыкающий контакт коммутирующего блока, к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта подключен замыкающий контакт, параллельно первичной обмотке трансформатора включен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включена соответствующая RC-цепь, при этом узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжение на нагрузке от установленного уровня, а на выходе последнего регулировочного узла каскада включен параллельно нагрузке выходной конденсатор.

Основным недостатком такого устройства является отсутствие каких-либо сервисных функций и сложность системы управления.

Наиболее близким к предлагаемому устройству является устройство стабилизации и регулирования переменного напряжения [заявка США US 20070296390, кл. G05F 1/00, G05F 1/14, 2007], содержащее регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде двух коммутирующих элементов, каждый из которых выполнен в виде пары соединенных последовательно размыкающих и замыкающих контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и четыре RC-цепи, а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора через коммутирующий блок подключена к входу и выходу регулировочного узла, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки, кроме того, первичная обмотка подключена параллельно вторичной обмотке разноименными выводами через размыкающие контакты коммутирующих элементов, также параллельно первичной обмотке трансформатора подключен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующих элементов включена RC-цепь, при этом выходной конденсатор включен параллельно нагрузке.

Недостатком такого устройства является отсутствие ряда сервисных функций, таких как возможность дистанционного управления, возможность включения нагрузки в обход стабилизатора при неисправностях в нем.

Кроме того, отсутствует защита от сверхтоков первичной обмотки регулировочного трансформатора и цепей контактов, переключающих первичную обмотку регулировочного трансформатора, например, при их приваривании. Входной автомат имеет номинальный ток в 15-20 раз больше номинального тока первичной обмотки регулировочного трансформатора и не обеспечивает защиту вышеуказанных цепей.

Раскрытие изобретения

Задачей заявляемого решения является повышение надежности работы стабилизатора за счет обеспечения возможности включения нагрузки в обход стабилизатора при неисправностях в нем, введения средств защиты от сверхтоков первичной обмотки трансформатора, а также усовершенствование ряда узлов.

Поставленная задача решается тем, что в известном стабилизаторе переменного напряжения с элементами защиты, содержащем регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде двух коммутирующих элементов, каждый из которых выполнен в виде пары соединенных последовательно размыкающих и замыкающих контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и четыре RC-цепи, а также узел сравнения и управления, при этом первичная обмотка трансформатора через коммутирующий блок подключена к фазному и нейтральному проводам сети, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки, кроме того, первичная обмотка подключена параллельно вторичной обмотке разноименными выводами через размыкающие контакты коммутирующих элементов, также параллельно первичной обмотке трансформатора подключен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующих элементов включена RC-цепь, при этом выходной конденсатор включен параллельно нагрузке, введен силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла; первый - между фазным проводом сети и входом регулировочного узла, а второй - между нагрузкой и выходом регулировочного узла, кроме того, введен дополнительный узел защиты, подключенный входом к точке соединения первого контакта силового двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом к нейтральному проводу сети, при этом дополнительный узел защиты содержит первый, второй и третий контакты трехполюсного автомата защиты, второй контакт подключен между нейтральным проводом и точкой соединения замыкающих контактов обоих коммутирующих элементов, а третий контакт - между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения пары замыкающего и размыкающего контактов второго коммутирующего элемента.

Поставленная задача может быть также решена, если в стабилизатор переменного напряжения с элементами защиты, содержащий регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде соединенных последовательно размыкающего и замыкающего контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и две RC-цепи, а также блок управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора подключена к фазному и нейтральному проводам сети, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной и вторичной обмоток соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети и цепью нагрузки непосредственно, а вторые выводы обмоток соединены между собой через размыкающий контакт коммутирующего блока, к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта подключен замыкающий контакт, параллельно первичной обмотке трансформатора включен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включена соответствующая RC-цепь, параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор, введен силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, первый и второй контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла, первый контакт между фазным проводом сети и входом регулировочного узла, а второй контакт - между нагрузкой и выходом регулировочного узла, при этом введен дополнительный узел защиты регулировочного узла, подключенный входом к точке соединения первого контакта двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом - к нейтральному проводу сети, второй и третий контакты трехполюсного автомата дополнительного узла защиты подключены соответственно, второй - между нейтральным проводом и выводом замыкающего контакта, не связанным с размыкающим контактом, а третий контакт - между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения замыкающего и размыкающего контактов коммутирующего элемента, при этом первый вывод первичной обмотки и второй вывод вторичной обмотки трансформатора соединены с выходом регулировочного узла.

Такая же задача будет решена, если в стабилизатор переменного напряжения с элементами защиты, выполненный в виде последовательно соединенных n -каскадов, каждый из которых содержит регулировочный узел, включающий трансформатор, коммутирующий блок в виде двух коммутирующих элементов, каждый из которых выполнен в виде пары соединенных последовательно размыкающих и замыкающих контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и четыре RC-цепи, а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора через коммутирующие элементы подключена к входу и выходу регулировочного узла, а вторичная обмотка трансформатора включена в цепь нагрузки, кроме того, первичная обмотка подключена параллельно вторичной обмотке трансформатора разноименными выводами через размыкающие контакты коммутирующих элементов, также параллельно первичной обмотке трансформатора включен шунтирующий конденсатор, замыкающие контакты каждого коммутирующего элемента соединены между собой, разноименные выводы обмоток трансформатора соединены через размыкающие контакты каждого коммутирующего элемента, при этом узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня, а параллельно каждому контакту коммутирующих элементов включена RC-цепь, а на выходе последнего каскада включен параллельно нагрузке выходной конденсатор, введен в каждый каскад силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, первый и второй контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла в первом каскаде между фазным проводом сети и входом упомянутого узла, а в остальных каскадах между выходом предыдущего каскада и входом регулировочного узла и между нагрузкой и выходом своего каскада, при этом в каждый каскад введен дополнительный узел защиты, подключенный входом к точке соединения первого контакта первого силового двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом - к нейтральному проводу сети, при этом дополнительный узел защиты содержит первый, второй и третий контакты трехполюсного автомата защиты, второй контакт которого подключен между нейтральным проводом и общей точкой соединения замыкающих контактов обоих коммутирующих элементов, а третий контакт - между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения пары замыкающего и размыкающего контактов второго коммутирующего элемента

Можно решить поставленную задачу также, если в стабилизатор переменного напряжения с элементами защиты, выполненный в виде последовательно соединенных n -каскадов, каждый из которых содержит регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде соединенных последовательно размыкающего и замыкающего контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и две RC-цепи, а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора подключена к входу и выходу регулировочного узла, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной и вторичной обмоток трансформатора соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети и цепью нагрузки непосредственно, а вторые выводы обмоток трансформатора соединены между собой через размыкающий контакт коммутирующего элемента, при этом к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта подключен замыкающий контакт, параллельно первичной обмотке трансформатора включен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включена со-

ответствующая RC-цепь, при этом узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня, а на выходе последнего регулировочного узла каскада включен параллельно нагрузке выходной конденсатор, введен в каждый каскад силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, первый и второй контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла в первом каскаде между фазным проводом сети и входом упомянутого узла, а в остальных каскадах между выходом предыдущего каскада и входом регулировочного узла и между нагрузкой и выходом своего каскада, при этом в каждый каскад введен дополнительный узел защиты регулировочного узла, подключенный входом к точке соединения первого контакта первого двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом - к нейтральному проводу сети, второй и третий контакты трехполюсного автомата дополнительного узла защиты подключены соответственно между нейтральным проводом и выводом замыкающего контакта, не связанным с размыкающим контактом и между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения замыкающего и размыкающего контактов коммутирующего элемента, при этом первые одноименные выводы обмоток трансформатора соединены с выходом регулировочного узла.

Для более плавного регулирования напряжения на нагрузке в стабилизатор по любому из вариантов может быть дополнен переключателем трансформатора, в состав которого входят замыкающий, размыкающий и средний контакты, а также две дополнительные RC-цепи, резисторы которых подключены к точке соединения размыкающего и замыкающего контактов первого коммутирующего элемента и среднему контакту переключателя первичной обмоткой, конденсаторы дополнительных RC-цепей подключены объединенными выводами соответственно к средней точке первичной обмотки трансформатора и замыкающему контакту переключателя первого вывода первичной обмотки в точке соединения первого вывода шунтирующего конденсатора, второй вывод которого соединен со вторым выводом первичной обмотки регулировочного трансформатора и размыкающим контактом переключателя.

Для защиты первичной обмотки трансформатора и предупреждения разрушающих последствий неисправности в замыкающих и размыкающих контактах коммутирующих элементов в стабилизаторе по любому из не каскадных вариантов дополнительный узел защиты выполнен в виде диодного моста, первым входным выводом подключенного к первому выводу независимого расцепителя силового двухполюсного автомата, второй вывод которого является входом дополнительного узла защиты, причем к выходу диодного моста подключен тиристор, в котором между анодом и управляющим электродом последовательно включены ограничительный резистор и резистор цепи управления, между точкой соединения упомянутых резисторов и катодом тиристора включен первый контакт трехполюсного автомата, а между первым выводом независимого расцепителя силового двухполюсного автомата и нейтральным проводом включена кнопка дистанционного управления, кроме того, между фазным проводом сети и нагрузкой подключен силовой двухполюсный автомат резервирования.

В случае вариантов стабилизаторов, выполненных в виде n -каскадов силовой двухполюсный автомат резервирования подключен в первый каскад между фазным проводом и выходом, а в остальных каскадах указанный автомат резервирования включен между выходом предыдущего каскада и выходом своего каскада.

В стабилизаторе целесообразно узел управления и коммутации выполнить в виде датчика напряжения, содержащего последовательно соединенные понижающий трансформатор, диодный мост датчика, резистивный разбалансированный мост, вход датчика напряжения подключен к контролируемой сети, диагональ резистивного разбалансированного моста, являющаяся выходом датчика напряжения, подключена к входу двухпозиционного измерителя-регулятора (программируемого микроконтроллера), состоящего из входного узла, выход которого подключен к входу цифрового фильтра, выход которого подключен к входам первого и второго логических устройств - двухпозиционных измерителей-регуляторов с программируемыми уставками, выходы которых подключены к первому и второму релейным устройствам, управляющих коммутирующими элементами для каналов с 1- по n -й от одного до нескольких (трех) фаз.

В случае вариантов стабилизаторов, выполненных в виде n -каскадов, узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня.

Для снижения последствий аварий и обеспечения безопасности персонала в стабилизаторе по любому из вариантов к входу стабилизатора подключен узел контроля сопротивления изоляции для сетей с изолированной нейтралью и защиты от перегрузок и коротких замыканий для любого вида сетей.

Для защиты от влияния факторов внешней и внутренней среды в стабилизатор по любому из вариантов между сетью и стабилизатором включен узел комбинированной защиты от аварийных режимов (короткое замыкание в стабилизаторе и нагрузке, перегрузка по току, перекос фаз, изменение уровня входного напряжения выше допустимых пределов, увеличение внутриблочной температуры, акустическая или оптическая индикация).

Сравнение заявленного технического решения с известными решениями из уровня техники не выявило аналогичных решений, что позволяет установить его соответствие критерию новизны.

Все предложенные варианты стабилизатора являются промышленно применимыми, и разработанные технические средства соответствуют критерию изобретательский уровень, так как они явным образом не следуют из уровня техники.

При этом из последнего не выявлено каких-либо преобразований, характеризующихся отличительными существенными признаками, для достижения указанного технического результата.

Краткое описание чертежей

Заявленное решение поясняется рисунками, на которых изображены:

на фиг. 1 - схема однофазного стабилизатора с ограничением по напряжению "сверху" и "снизу";

на фиг. 2 - схема однофазного стабилизатора с ограничением по напряжению "сверху";

на фиг. 3 - схема однофазного стабилизатора с ограничением по напряжению "снизу";

на фиг. 4 - схема стабилизатора с узлом переключения первичной обмотки трансформатора;

на фиг. 5 - схема управления и коммутации 4 для трех фаз;

на фиг. 6 - схема 3-фазного (многофазного) стабилизатора напряжения, выполненного в виде каскадов.

Понятия "сверху" означает, что напряжение сети повысилось и необходимо его уменьшить на нагрузке, понятие "снизу" - напряжение понизилось и необходимо его увеличение на нагрузке; "снизу" и "сверху" - работа происходит в заданном диапазоне выходных напряжений.

Варианты осуществления изобретения

Стабилизатор переменного напряжения содержит регулировочный узел 2, состоящий из трансформатора с вторичной 6 и первичной 7 обмотками, коммутирующий блок, содержащий два коммутирующих элемента, каждый из которых выполнен в виде пары соединенных последовательно размыкающих 8 и 9 и замыкающих 10 и 11 контактов.

Для однофазного стабилизатора с ограничением по напряжению "сверху" и "снизу" (фиг. 1) первичная обмотка 7 трансформатора через коммутирующий блок подключена к входу и выходу регулировочного узла 2, а вторичная обмотка 6 включена в цепь нагрузки 3, кроме того, первичная обмотка 7 подключена параллельно вторичной обмотки 6 разноименными выводами через размыкающие контакты 8 и 9 коммутирующих элементов, также параллельно первичной обмотке трансформатора подключен шунтирующий конденсатор 12, а параллельно каждому контакту коммутирующих элементов включена одна из 4 RC-цепей, каждая из которых содержит резисторы 13 и конденсаторы 14. Параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор 15.

В стабилизатор введен двухполюсный автомат 21 с независимым расцепителем 22, контакты которого включены последовательно в цепь нагрузки 3.

Силовой двухполюсный автомат 21 включен таким образом, что его первый контакт установлен между входом фазного провода сети и точкой соединения входа регулировочного узла 2 с одним из выводов независимого расцепителя 22, являющимся входом дополнительного узла защиты 16, выполненного в виде диодного моста 17, выход которого подключен к силовым электродам тиристора защиты 18, в цепь управляющего электрода которого включен резистор 19, подключенный одним выводом к управляющему электроду, другим - к ограничительному резистору 20, второй вывод расцепителя 21 подключен к входу диодного моста 17, второй контакт силового двухполюсного автомата включен между выходом регулировочного узла 2 и точкой соединения нагрузки 3 и выходным конденсатором 15, при этом первый, второй и третий контакты 23, 24, 25 трехполюсного автомата защиты включены между точкой соединения резисторов 19, 20 и катодом тиристора защиты 18, между точкой соединения контактов 10, 11 и конденсатора 14 и нейтральным проводом N и между точкой соединения размыкающих контактов 8, 10 вторым выводом первичной обмотки 7, между сетью 1 и нагрузкой 3 включен силовой двухполюсный автомат резервирования 26, а между первым выводом независимого расцепителя силового двухполюсного автомата 22 и нейтральным проводом включена кнопка дистанционного управления 27.

Для однофазного стабилизатора с ограничением по напряжению "сверху" (фиг. 2) первичная обмотка 7 трансформатора подключена к фазному и нейтральному проводам сети 1, а вторичная обмотка 6 включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной 7 и вторичной 6 обмоток соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети 1 и цепью нагрузки 3 непосредственно, а вторые выводы обмоток соединены между собой через размыкающий контакт 9 коммутирующего блока, к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта 9 подключен замыкающий контакт 11, параллельно первичной обмотке трансформатора 7 включен шунтирующий конденсатор 12, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включены соответствующие RC-цепи 13, 14 параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор 15.

Силовой двухполюсный автомат 21 включен в этой схеме таким образом, что его первый контакт установлен между входом фазного провода сети и точкой соединения входа регулировочного узла 2 с одним из выводов независимого расцепителя 22, являющимся входом дополнительного узла защиты 16, выполненного в виде диодного моста 17, выход которого подключен к силовым электродам тиристора защиты 18, в цепь управляющего электрода которого включен резистор 19, подключенный одним выводом к управляющему электроду, другим - к ограничительному резистору 20, второй вывод расцепителя 21 подключен к входу диодного моста 17, второй контакт силового двухполюсного автомата включен

между выходом регулировочного узла 2 и точкой соединения нагрузки 3 и выходным конденсатором 15, при этом второй 24 и третий 25 контакты трехполюсного автомата защиты подключены между нейтральным проводом и выводом замыкающего контакта 11, не связанным с размыкающим, и между выводом первичной обмотки 7 трансформатора и точкой соединения замыкающего 11 и размыкающего 10 коммутирующих элементов, одноименные выводы обмоток 7 и 6 трансформатора соединены с выходом регулировочного узла.

Для однофазного стабилизатора с ограничением по напряжению "снизу" (фиг. 3) первичная обмотка 7 трансформатора подключена к фазному и нейтральному проводам сети 1, а вторичная обмотка 6 включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной 7 и вторичной 6 обмоток соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети 1 и цепью нагрузки 3 непосредственно, а вторые выводы обмоток соединены между собой через размыкающий контакт 8 коммутирующего блока, к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта 8 подключен замыкающий контакт 10, параллельно первичной обмотке трансформатора 7 включен шунтирующий конденсатор 12, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включены соответствующие RC-цепи 13, 14, параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор 15.

Силовой двухполюсный автомат 21 включен в этой схеме таким образом, что его первый контакт установлен между входом фазного провода сети и точкой соединения входа регулировочного узла 2 с одним из выводов независимого расцепителя 22, являющимся входом дополнительного узла защиты 16, выполненного в виде диодного моста 17, выход которого подключен к силовым электродам тиристора защиты 18, в цепь управляющего электрода которого включен резистор 19, подключенный одним выводом к управляющему электроду, другим - к ограничительному резистору 20, второй вывод расцепителя 21 подключен к входу диодного моста 17, второй контакт силового двухполюсного автомата включен между выходом регулировочного узла 2 и точкой соединения нагрузки 3 и выходным конденсатором 15, при этом второй 24 и третий 25 контакты трехполюсного автомата защиты подключены между нейтральным проводом и выводом замыкающего контакта 10, не связанным с размыкающим, и между выводом первичной обмотки 7 трансформатора и точкой соединения замыкающего 10 и размыкающего 8 коммутирующего элемента, одноименные выводы обмоток 7 и 6 трансформатора соединены с входом регулировочного узла 2.

В цепи первичной обмотки 7 трансформатора установлен переключатель первичной обмотки 28 (фиг. 4) с отпайками, где 29 - средний контакт переключателя, 30 - замыкающий контакт переключателя, 31 - размыкающий контакт переключателя. Средний контакт 29 подключен к точке соединения контактов 9 и 11, замыкающий контакт 30 - к отпайке первичной обмотки 7, размыкающий контакт 31 - к началу первичной обмотки, параллельно контактам 29, 30 и 29, 31 включены вторые RC-цепи, содержащие 32 - конденсатор второй RC-цепи и 33 - резистор второй RC-цепи. Таким образом, переключатель первичной обмотки 28, подключенный к средней точке первичной обмотки 7 трансформатора, обеспечивает три режима переключения 29, 30 и 31, т.е. начало первичной обмотки 7 регулировочного трансформатора подключено к концу его вторичной обмотки 6 через узел переключения первичной обмотки 28 и размыкающий контакт 9. Конец первичной обмотки 7 регулировочного трансформатора подключен к началу его вторичной обмотки 6 и через силовой размыкающий контакт 8 - к сетевому напряжению. Вторичная обмотка 6 соединена параллельно первичной обмотке 7 через коммутирующие элементы 8 и 9.

Узел управления и коммутации (фиг. 5) включает в себя датчик напряжения 35, содержащий трансформатор 36, диодный мост 37, резистивный неравновесный мост из резисторов 38-41 и двухпозиционный измеритель-регулятор 48 (программируемый микроконтроллер).

Вход датчика 35 включается в контролируруемую сеть, выход его (диагональ резистивного моста 38-41) подключается к входу узла 48. Узел 48 имеет свой внутренний источник электропитания. Регулятор имеет входное устройство 42, два логических устройства 43 и 44, два релейных устройства 46 и 47, каждое из которых управляет соответствующей группой коммутирующих элементов 49-54, которые производят необходимые переключения первичных обмоток трансформаторов в зависимости от величины U сети.

В одну из фаз (например, в фазу А) включен автоматический выключатель 34. Напряжение контролируется в одной фазе, переключения происходят в трех фазах. В случае необходимости может быть выполнена пофазная регулировка.

В вариантах каскадной схемы стабилизатора (фиг. 6) устройство содержит n последовательно соединенных каскадов, каждый из которых включает трансформатор с вторичной 6 и первичной 7 обмотками, коммутирующий блок, содержащий два коммутирующих элемента, каждый из которых выполнен в виде пары соединенных последовательно размыкающих 8 и 9 и замыкающих 10 и 11 контактов.

Для стабилизатора с ограничением по напряжению "сверху" и "снизу" в каждом каскаде первичная обмотка 7 трансформатора (см. фиг. 1) через коммутирующий блок подключена к входу и выходу регулировочного узла 2, а вторичная обмотка 6 включена в цепь нагрузки 3, кроме того, первичная обмотка 7 подключена параллельно вторичной обмотки 6 разноразными выводами через размыкающие контакты 8 и 9 коммутирующих элементов, также параллельно первичной обмотке трансформатора подключен шунтирующий конденсатор 12, а параллельно каждому контакту коммутирующих элементов включена

одна из 4 RC- цепей, каждая из которых содержит резисторы 13 и конденсаторы 14. Параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор 15.

Для стабилизатора с ограничением по напряжению "сверху" в каждом каскаде первичная обмотка 7 трансформатора (см. фиг. 2) подключена к фазному и нейтральному проводам сети 1, а вторичная обмотка 6 включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной 7 и вторичной 6 обмоток соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети 1 и цепью нагрузки 3 непосредственно, а вторые выводы обмоток соединены между собой через размыкающий контакт 9 коммутирующего блока, к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта 9 подключен замыкающий контакт 11, параллельно первичной обмотке трансформатора 7 включен шунтирующий конденсатор 12, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включены соответствующие RC-цепи 13, 14, параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор 15.

Для однофазного стабилизатора с ограничением по напряжению "снизу" в каждом каскаде первичная обмотка 7 трансформатора (см. фиг. 3) подключена к фазному и нейтральному проводам сети 1, а вторичная обмотка 6 включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной 7 и вторичной 6 обмоток соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети 1 и цепью нагрузки 3 непосредственно, а вторые выводы обмоток соединены между собой через размыкающий контакт 8 коммутирующего блока, к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта 8 подключен замыкающий контакт 10, параллельно первичной обмотке трансформатора 7 включен шунтирующий конденсатор 12, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включены соответствующие RC-цепи 13, 14, параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор 15.

В каждый каскад введен силовой двухполюсный автомат 21 с независимым расцепителем 22, первый и второй контакты которого включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулирующего узла 2 в первом каскаде между фазным проводом сети и входом упомянутого узла, а в остальных каскадах - между выходом предыдущего каскада и входом регулирующего узла и между нагрузкой и выходом своего каскада.

В случае варианта каскадной схемы стабилизатора (фиг. 6) силовой двухполюсный автомат резервирования 26 подключен в первом каскаде между фазным проводом и выходом каскада, а в остальных каскадах указанный автомат резервирования включен между выходом предыдущего каскада и выходом своего каскада, а узел управления и коммутации 4 выполнен в виде 2n схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня.

Работает устройство следующим образом.

Электрическая энергия из сети 1 передается через регулируемый узел 2, работающий в режиме автотрансформатора, в нагрузку 3 двумя путями: за счет электрической связи и электромагнитной связи. Причем посредством электрической связи передается основная часть энергии (до 100%) и посредством электромагнитной связи - существенно меньшая (до 0%). Напряжение на нагрузке 3 регулируется узлом управления и коммутации 4, подключенного к входу стабилизатора. Узел 5, подключенный к входу и выходу стабилизатора, осуществляет комплексную защиту устройства.

Регулируемый узел, включенный по схеме автотрансформатора, когда вторичная обмотка включается последовательно с нагрузкой, а первичная обмотка включается по специальной схеме, обеспечивает следующие режимы работы.

1. Нормальный режим работы.

В этом режиме напряжения в сети и на нагрузке равны, обеспечивается его оптимальная величина, т.е. наиболее выгодный режим работы потребителя. Первичная и вторичная обмотки трансформатора соединены параллельно и включены последовательно с нагрузкой. В данном режиме первичная обмотка трансформатора практически закорочена, в таком режиме в ней протекает ток за счет ЭДС, индуцированной током вторичной обмотки. Падение напряжения во вторичной обмотке весьма мало (единицы доли вольта), так как индуктивное сопротивление короткозамкнутого трансформатора незначительно. Режим работы трансформатора близок к режиму работы короткозамкнутого трансформатора тока. В этом режиме входное и выходное напряжения фактически равны. Энергия из сети в нагрузку передается на 100% за счет электрической связи.

2. Режим уменьшения сетевого напряжения (ограничение "сверху").

При увеличении входного напряжения выше допустимого уровня первичная обмотка трансформатора подключается к входному напряжению таким образом, что наводимая ЭДС во вторичной обмотке будет направлена встречно напряжению сети, а напряжение на нагрузке, т.е. выходное напряжение, уменьшится, компенсируя повышение входного напряжения, т.е. выходное напряжение на нагрузке будет равно разнице входного напряжения и напряжения, индуцированного первичной обмоткой во вторичной обмотке за счет их электромагнитной связи. Энергия из сети в нагрузку передается за счет электрической связи (основная часть) и за счет электромагнитной связи обмоток (дополнительная часть).

3. Режим увеличения сетевого напряжения (ограничение "снизу").

При уменьшении входного напряжения ниже допустимого уровня первичная обмотка трансформатора подключается к сети, соответственно, другой полярностью, увеличивая выходное напряжение, т.е.

выходное напряжение будет равно сумме входного напряжения и напряжения, индуцированного первичной обмоткой во вторичной обмотке трансформатора. Энергия из сети в нагрузку передается за счет электрической связи (основная часть) и за счет электромагнитной связи обмоток (дополнительная часть).

Для режимов (2) и (3) часть энергии из сети в нагрузку передается за счет электрической связи, а часть - за счет электромагнитной. Соотношение этих частей зависит от коэффициента трансформации регулировочного узла К. Чем он больше, тем большая доля энергии передается за счет электрической связи. Переключение режимов трансформатора производится в цепи первичной обмотки с большим числом витков, т.е. при токах, меньших токов нагрузки в К раз, где К - коэффициент трансформации и без разрыва цепи нагрузки. Соответственно, мощность трансформатора меньше мощности нагрузки в К раз. Она соответствует доли энергии, передаваемой из сети в нагрузку за счет электромагнитной связи обмоток (электромагнитным путем).

Исходное состояние стабилизатора - нормальный режим (напряжение сети находится в пределах заданных норм), т.е. контакты коммутирующих элементов 8 и 9 замкнуты, а 10 и 11 разомкнуты. Первичная 7 и вторичная 6 обмотки трансформатора подключены между собой параллельно и последовательно с нагрузкой 3. Индуктивное сопротивление этой системы весьма мало (десятые-сотые доли ома), напряжения на входе и выходе одинаковы. Энергия из сети в нагрузку передается на 100% за счет электрической связи.

В случае повышенного сетевого напряжения стабилизатор переходит в режим понижения сетевого напряжения (ограничение "сверху"). Узел управления и коммутации включает катушку управления контактами 8, 10 (фиг. 2). В результате контакт 8 размыкается, а замыкающий контакт 10 замыкается. При этом сначала размыкается контакт 8 и лишь затем замыкается 10 (так конструктивно устроен коммутирующий блок). При возврате в исходное состояние переключение контактов происходит в обратном порядке. Первичная обмотка 7 трансформатора обтекается током по цепи: фаза А, вторичная обмотка 6 трансформатора, контакт 8, первичная обмотка 7, контакт 10, нулевой провод сети. Первичной обмоткой 7 трансформатора наводится во вторичной обмотке ЭДС, направленная при указанной полярности обмоток встречно напряжению сети. Таким образом, напряжение на нагрузке равно разности напряжения сети и напряжения, индуцированного во вторичной обмотке первичной обмоткой. При этом первичная обмотка подключается на стабилизированное напряжение (параллельно нагрузке), что предотвращает ее аварию при повышенном напряжении сети. Энергия из сети в нагрузку передается как за счет электрической связи (основная часть), так и за счет электромагнитной связи (дополнительная часть).

В случае пониженного сетевого напряжения стабилизатор переходит в режим повышения сетевого напряжения (ограничение "сверху"). Узел управления и коммутации включает катушку элемента 50. В результате размыкающий контакт 9 размыкается, а замыкающий 11 замыкается. Порядок переключения контактов аналогичен режиму 2. Первичная обмотка трансформатора обтекается током по цепи: фаза А цепи, контакт 9, первичная обмотка 7, контакт 11, нулевой провод сети. При указанной полярности обмоток первичная обмотка 7 трансформатора коммутирует во вторичной обмотке 6 ЭДС, направленную согласно с напряжением сети. Напряжение на нагрузке равно сумме напряжения сети и напряжения, индуцированного во вторичной обмотке 6 первичной обмоткой 7 трансформатора. Энергия из сети в нагрузку передается как за счет электрической связи (основная часть), так и за счет электромагнитной связи (дополнительная часть).

Дополнительный переключатель с отпайками, т.е. узел переключения первичной обмотки 28, позволяет менять коэффициент трансформатора К вручную или в автоматическом режиме от узла управления и коммутации 4, что расширяет диапазон регулирования и обеспечивает более плавное регулирование.

Конденсатор 15 на выходе служит для компенсации (полной или частичной) реактивного тока нагрузки и уменьшения, тем самым, номинального тока (мощности), на которые изготовлен регулятор, мощности трансформатора и, соответственно, общей его стоимости. Используется в схеме для активно-индуктивных нагрузок.

При переходе от нормального режима к режиму ограничения сверху при размыкании контакта 8 цепь первичной обмотки 7 регулировочного трансформатора не разрывается, а подключается к прежней точке, фазе А сети, но через RC-цепи 13, 14. По законам коммутации в первый момент конденсаторы 13 и 12 представляют собой короткозамкнутую цепь, и ток в обмотке ограничивается резистором 14. При замыкании контакта 10 первичная обмотка подключается к нулевому проводу сети. Таким образом, процесс переключения проходит в облегченном режиме, без разрыва цепи первичной обмотки и искрения контактов, а также без наведения в первичной обмотке 7 опасных ЭДС самоиндукции. Таким образом, основное назначение RC-цепей - облегчение работы контактов 8-11 при переходных режимах переключения (искрогашение); облегчение работы трансформатора в переходных режимах переключения (исключения разрыва цепи первичной обмотки).

Возможен трехфазный вариант устройства с общим управлением или управлением по каждой фазе индивидуально (фиг. 4).

При превышении тока в цепи первичной обмотки трансформатора 7 размыкается контакт 25 трехполусного автомата дополнительной защиты, что приводит к размыканию связанного с ним контакта 23

регулирующего блока дополнительной защиты. При этом исчезает шунтирование управляющего электрода тиристора 18, который открывается, включая через мост 17 катушку независимого расцепителя 22 двухполюсного автомата 21. Регулирующий узел отключается от фазы сети 1.

Аналогичная картина будет, если сработает контакт 24 трехполюсного автомата защиты вследствие превышения тока через него в результате неисправности контактов 8-11.

При понижении напряжения сети ниже заданного в регулировочном узле 4 уровня включается через соответствующее реле катушка коммутирующего узла 49 (фиг. 5), что ведет к последующему размыканию контакта 8 и замыканию контакта 10. Это приводит к подключению вторичной обмотки 6, согласно с напряжением сети и напряжением на нагрузке 3 повышается напряжение, индуктированное во вторичной обмотке 6.

В нормальном режиме работы независимый расцепитель силового двухполюсного автомата 22 находится в отключенном состоянии, так как первый, второй и третий контакты трехполюсного автомата защиты 23, 24, 25, замкнуты и не влияют на работу устройства в целом: первый контакт 23 шунтирует цепь управления тиристора узла защиты 18, ток через элемент 22 ограничен величиной резистора 20, что недостаточно для срабатывания упомянутого элемента 22, силовой двухполюсный автомат 21 включен, второй и третий контакты 24, 25 трехполюсного автомата защиты осуществляют соединение первичной обмотки трансформатора с точкой соединения контактов 8 и 10 и контактов 10, 11 коммутирующих элементов с нейтральным проводом.

При аварии в регулировочном узле 2 (в цепи первичной обмотки 7 трансформатора, нарушении исправности контактов 8-11 и других неисправностях) срабатывает расцепитель 22 автомата 21, контакты 23, 24, 25 отключаются, отключается также 21- силовой двухполюсный автомат, силовой двухполюсный автомат резервирования 26 включается вручную. Используя кнопку 27, кнопку дистанционного управления, можно, воздействуя на независимый расцепитель силового двухполюсного автомата 22, осуществлять дополнительно любую защитную или информационную функцию (повышение внутриблочной температуры, перенапряжение в сети, сигнализацию исправного состояния и др.), минуя узел 5 - узел комбинированной защиты. Кроме того, используя упомянутую кнопку, можно осуществлять дистанционное управление (отключение) стабилизатором.

Подключение двухполюсного автомата резервирования 26 между фазным проводом и нагрузкой позволяет полностью отключить изделие с двух сторон и тем самым обеспечить его полное обесточивание, тем самым обезопасить обслуживающий персонал.

Узел управления и коммутации (фиг. 5) работает следующим образом.

Элементы схемы показаны в исходном состоянии, когда U сети в норме. Первичная 7 и вторичная 6 обмотки трансформатора подключены параллельно через размыкающие контакты 8-11 и двухпозиционный измеритель-регулятор 48 (программируемый микроконтроллер).

Контролируемое напряжение подается на понижающий трансформатор 36 датчика (например, 220/12 В), выпрямляется диодным мостом датчика 37. Полученное пониженное выпрямленное напряжение подается на разбалансированный резистивный мост из резисторов 38-41. Например, диапазон входного напряжения микроконтроллера составляет 0-1 В, поэтому резисторы подобраны так, чтобы при изменении входного напряжения от ~10 до ~250 В постоянное напряжение на выходе моста было в пределах 1 В.

Если обозначить напряжение на входе диодного моста как $U_{вх}$, то ток по цепи 38, 39 будет

$$I_1 = U_{вх} / (R_1 + R_2);$$

ток по цепи 40, 41 будет

$$I_2 = U_{вх} / (R_3 + R_4).$$

Тогда напряжение на резисторе 38

$$U_{38} = U_{вх} * R_1 / (R_1 + R_2),$$

а напряжение на резисторе 40

$$U_{40} = U_{вх} * R_3 / (R_3 + R_4),$$

где R_1 - сопротивление резистора 38;

R_2 - сопротивление резистора 39;

R_3 - сопротивление на резисторе 40;

R_4 - сопротивление на резисторе 41.

Поскольку выходное напряжение датчика равно разности напряжений на R_1 и R_2 , то в результате имеем

$$U_{вых} = U_{вх} * (R_1 / (R_1 + R_2) - R_3 / (R_3 + R_4)) = C * U_{вх},$$

$$\text{где } C = R_1 / (R_1 + R_2) - R_3 / (R_3 + R_4).$$

Резисторы выбраны термостабильными, и в диапазоне от -20 до 60°C ошибка измерения укладывается в 1%. Кроме того, характеристика практически линейна.

Далее сигнал с датчика поступает на вход программируемого микроконтроллера 48, после преобразования узлом 42 - на логические устройства 43 и 44 соответственно первого и второго каналов. В зависимости от уровня сигнала либо оба они отключены, либо одно из них срабатывает.

Вход датчика 35 включается в контролируемую сеть, выход его (диагональ резистивного моста 38-41) подключается к входу узла 48. Узел 48 имеет свой внутренний источник электропитания. Регулятор имеет входное устройство 42, два логических устройства 43 и 44, два релейных устройства 46 и 47, каждый из которых управляет соответствующей группой коммутирующих элементов 49-54, которые производят необходимые переключения первичных обмоток регулировочных трансформаторов в зависимости от величины U сети.

Контролируемое напряжение подается на понижающий трансформатор 36 датчика (например, 220/12 В) и выпрямляется диодным мостом датчика 37. Полученное пониженное выпрямленное напряжение подается на разбалансированный резистивный мост из резисторов 38-41. Например, диапазон входного напряжения микроконтроллера составляет 0-1 В, поэтому резисторы подобраны так, чтобы при изменении входного напряжения от ~ 10 до ~ 250 В постоянное напряжение на выходе моста было в пределах 1 В.

Далее сигнал с датчика поступает на вход программируемого микроконтроллера 48, после преобразования узлом 42 - на логические устройства 43 и 44 соответственно первого и второго каналов. В зависимости от уровня сигнала либо оба они отключены, либо одно из них срабатывает.

Управление работой стабилизатора происходит следующим образом.

Элементы схемы показаны в исходном состоянии (когда U сети в норме). Первичная 7 и вторичная 6 обмотки регулировочного трансформатора подключены параллельно через размыкающие контакты и управляют соответствующими 2n выходными релейными устройствами 58. Релейные устройства управляют соответствующими катушками коммутирующих элементов 8, 10 и 9, 11 в цепи первичных обмоток 7 регулировочных трансформаторов, каждого звена, каждой фазы.

При повышении напряжения сети выше допустимого сигнал с датчика напряжения 35 поступает на вход входного устройства 42 микроконтроллера 55, после чего сигнал фильтруется от различных помех цифровым фильтром 56 и преобразуется им в цифровой код, который управляет 2n двухпозиционными измерителями-регуляторами 57. В зависимости от индивидуальных уставок каждого канала (измерителя-регулятора), происходит срабатывание выходных релейных устройств 58 соответствующих каналов, что вызывает необходимые переключения в цепях первичных обмоток 7 регулировочных трансформаторов и понижение напряжения на нагрузке.

Аналогично работает схема и при понижении напряжения в сети, повышая его на нагрузке. Если напряжение в сети в допустимых пределах, то система находится в состоянии, изображенном на фиг. 5, т.е. напряжения в сети и на нагрузке равны. Особенность данной схемы в том, что управление осуществляется с помощью одного датчика за счет различных уставок измерителей-регуляторов.

Выключателями 34' и 34", установленными между выходом узла 58 и точкой соединения узлов 49-51 и между выходом другого аналогичного узла 58 и точкой соединения узлов 52-54, можно отключать работу любого канала управления.

Защита стабилизатора осуществляется защитными устройствами узла 5.

Узел комбинированной защиты может включать в себя контроль сопротивления изоляции для сетей с изолированной нейтралью, защиту от перегрузок и коротких замыканий для любого вида сетей, от разного рода аварийных режимов (короткое замыкание в стабилизаторе и нагрузке, перегрузка по току, перекос фаз, изменение уровня входного напряжения выше допустимых пределов, увеличение внутриблочной температуры, акустическая или оптическая индикация). Подключение таких узлов зависит от их функционального назначения и вида исполнения. Они могут быть подключены к входу стабилизатора, к его выходу, непосредственно к нагрузке и другим точкам устройства.

Промышленная применимость

Испытан макет мощностью до 50 кВА с расчетной суммарной нестабильностью напряжения ± 2 и $\pm 5\%$. КПД стабилизатора в зависимости от ступеней регулирования составил 99,56%. Дискретность регулировочных ступеней 6-12 В.

В качестве элементов использованы регулировочные трансформаторы для трехфазной нагрузки 50 кВА - 1 кВА для каждой фазы, напряжение 220/12 В, номинальные токи первичных обмоток трансформаторов 4,54 А, вторичных - 83,3 А. Номинальный ток коммутирующих элементов 8-11 16А, номинальное напряжение контактов 660 В. Автоматы 23-25 на 6 А, автоматы 21, 26 - 80 А. Используется микроконтроллер типа измеритель-регулятор фирмы ОВЕН 2ТРМ1.

Видно, что номинальный ток через QFy в 15-20 раз меньше тока силового автомата QFс.

Таким образом, предложены варианты стабилизатора переменного напряжения, ограничивающие его величину "сверху", "снизу"; "снизу" и "сверху" для одного стабилизатора и стабилизатора в виде каскадной схемы с расширенными защитными и сервисными функциями, включая усовершенствование ряда узлов. Предложенные варианты устройств обладают рядом преимуществ по сравнению с известными стабилизаторами переменного напряжения. Приведенные сведения подтверждают возможность осуществления предлагаемого изобретения. При этом предлагаемые варианты стабилизаторов переменного напряжения работают на любой нагрузке без искажения формы кривой напряжения. Коммутация происходит без прерывания тока и при токах в К раз меньше тока нагрузки.

Как известно, нормативными документами на качество электроэнергии регламентируются следующие параметры:

- 1) отклонение напряжения от номинального;
- 2) несимметрия напряжения по фазам;
- 3) несинусоидальность напряжения;
- 4) содержание высших гармоник.

Заявленный стабилизатор обеспечивает возможности регулировать все указанные регламентируемые параметры и, кроме того, компенсирует реактивную мощность нагрузки, полностью или частично как от тока нагрузки основной частоты, так и высших гармоник, так как по сути представляет собой индуктивно-емкостный фильтр для токов высших гармоник.

В соответствии с вышеизложенным заявленный стабилизатор является устройством, обеспечивающим качественное электропитание потребителей, а также увеличение энергосберегающих ресурсов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Стабилизатор переменного напряжения с элементами защиты, содержащий регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде двух коммутирующих элементов, каждый из которых выполнен в виде пары соединенных последовательно размыкающих и замыкающих контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и четыре RC-цепи, а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора через коммутирующие элементы подключена к входу и выходу регулировочного узла, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки, кроме того, первичная обмотка подключена параллельно вторичной обмотке разноименными выводами через размыкающие контакты коммутирующих элементов, также параллельно первичной обмотке трансформатора подключен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующих элементов включена RC-цепь, при этом выходной конденсатор включен параллельно нагрузке, отличающийся тем, что введен силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла; первый между фазным проводом сети и входом регулировочного узла, а второй - между нагрузкой и выходом регулировочного узла, кроме того, введен дополнительный узел защиты, подключенный входом к точке соединения первого контакта силового двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом - к нейтральному проводу сети, при этом дополнительный узел защиты содержит первый, второй и третий контакты трехполюсного автомата защиты, второй контакт подключен между нейтральным проводом и точкой соединения замыкающих контактов обоих коммутирующих элементов, а третий контакт - между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения пары замыкающего и размыкающего контактов второго коммутирующего элемента.

2. Стабилизатор по п.1, отличающийся тем, что дополнительно содержит переключатель первичной обмотки трансформатора, в состав которого входят замыкающий, размыкающий и средний контакты, а также две дополнительные RC-цепи, резисторы которых подключены к точке соединения размыкающего и замыкающего контактов первого коммутирующего элемента и среднему контакту переключателя первичной обмотки, конденсаторы дополнительных RC-цепей подключены выводами соответственно к средней точке первичной обмотки трансформатора и замыкающему контакту переключателя первого вывода первичной обмотки в точке соединения первого вывода шунтирующего конденсатора, второй вывод которого соединен со вторым выводом первичной обмотки регулировочного трансформатора и размыкающим контактом переключателя.

3. Стабилизатор по п.1, отличающийся тем, что дополнительный узел защиты выполнен в виде диодного моста, первым входным выводом подключенного к первому выводу независимого расцепителя силового двухполюсного автомата, второй вывод которого является входом дополнительного узла защиты, причем к выходу диодного моста подключен тиристор, в котором между анодом и управляющим электродом последовательно включены ограничительный резистор и резистор цепи управления, между точкой соединения упомянутых резисторов и катодом тиристора включен первый контакт трехполюсного автомата, а между первым выводом независимого расцепителя силового двухполюсного автомата и нейтральным проводом включена кнопка дистанционного управления.

4. Стабилизатор по п.1, отличающийся тем, что между фазным проводом сети и нагрузкой подключен силовой двухполюсный автомат резервирования.

5. Стабилизатор по п.1, отличающийся тем, что узел управления и коммутации выполнен в виде датчика напряжения, содержащего последовательно соединенные понижающий трансформатор, диодный мост датчика, резистивный разбалансированный мост, вход датчика напряжения подключен к контролируемой сети, диагональ резистивного разбалансированного моста, являющаяся выходом датчика напряжения, подключена к входу двухпозиционного измерителя-регулятора (программируемого микроконтроллера), состоящего из входного узла, выход которого подключен к входу цифрового фильтра, выход которого подключен к входам первого и второго логических устройств - двухпозиционных измерителей-регуляторов с программируемыми уставками, выходы которых подключены к первому и второму

релейным устройствам, управляющих коммутирующими элементами для каналов с 1- по n-й от одного до нескольких (трех) фаз.

6. Стабилизатор по п.1, отличающийся тем, что к входу стабилизатора подключен узел контроля сопротивления изоляции для сетей с изолированной нейтралью и защиты от перегрузок и коротких замыканий для любого вида сетей.

7. Стабилизатор по п.1, отличающийся тем, что между сетью и стабилизатором включен узел комбинированной защиты от аварийных режимов (короткое замыкание в стабилизаторе и нагрузке, перегрузка по току, перекося фаз, изменение уровня входного напряжения выше допустимых пределов, увеличение внутривольной температуры, акустическая или оптическая индикация).

8. Стабилизатор переменного напряжения с элементами защиты, содержащий регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде соединенных последовательно размыкающего и замыкающего контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и две RC-цепи, а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора подключена к фазному и нейтральному проводам сети, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной и вторичной обмоток соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети и цепью нагрузки непосредственно, а вторые выводы обмоток соединены между собой через размыкающий контакт коммутирующего элемента, при этом к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта подключен замыкающий контакт, параллельно первичной обмотке трансформатора включен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включена соответствующая RC-цепь, параллельно нагрузке подключен выходной конденсатор, отличающийся тем, что введен силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, первый и второй контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла: первый контакт между фазным проводом сети и входом регулировочного узла, а второй контакт - между нагрузкой и выходом регулировочного узла, при этом введен дополнительный узел защиты регулировочного узла, подключенный входом к точке соединения первого контакта двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом - к нейтральному проводу сети, второй и третий контакты трехполюсного автомата дополнительного узла защиты подключены соответственно: второй контакт - между нейтральным проводом и выводом замыкающего контакта, не связанным с размыкающим контактом, а третий контакт - между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения замыкающего и размыкающего контактов коммутирующего элемента, при этом первый вывод первичной обмотки и второй вывод вторичной обмотки трансформатора соединены с выходом регулировочного узла.

9. Стабилизатор переменного напряжения по п.8, отличающийся тем, что дополнительно содержит переключатель первичной обмотки трансформатора, в состав которого входят замыкающий, размыкающий и средний контакты, а также две дополнительные RC-цепи, резисторы которых подключены к точке соединения размыкающего и замыкающего контактов первого коммутирующего блока и среднему контакту переключателя первичной обмотки, конденсаторы дополнительных RC-цепей подключены выводами соответственно к средней точке первичной обмотки трансформатора и замыкающему контакту переключателя первого вывода первичной обмотки в точке соединения первого вывода шунтирующего конденсатора, второй вывод которого соединен со вторым выводом первичной обмотки регулировочного трансформатора и размыкающим контактом переключателя.

10. Стабилизатор по п.8, отличающийся тем, что дополнительный узел защиты выполнен в виде диодного моста, первым входным выводом подключенного к первому выводу независимого расцепителя силового двухполюсного автомата, второй вывод которого является входом дополнительного узла защиты, причем к выходу диодного моста подключен тиристор, в котором между анодом и управляющим электродом последовательно включены ограничительный резистор и резистор цепи управления, между точкой соединения упомянутых резисторов и катодом тиристора включен первый контакт трехполюсного автомата, а между первым выводом независимого расцепителя силового двухполюсного автомата и нейтральным проводом включена кнопка дистанционного управления.

11. Стабилизатор по п.8, отличающийся тем, что между фазным проводом сети и нагрузкой подключен силовой двухполюсный автомат резервирования.

12. Стабилизатор по п.8, отличающийся тем, что узел управления и коммутации выполнен в виде датчика напряжения, содержащего последовательно соединенные понижающий трансформатор, диодный мост датчика, резистивный разбалансированный мост, вход датчика напряжения подключен к контролируемой сети, диагональ резистивного разбалансированного моста, являющаяся выходом датчика напряжения, подключена к входу двухпозиционного измерителя-регулятора (программируемого микроконтроллера), состоящего из входного узла, выход которого подключен к входу цифрового фильтра, выход которого подключен к входам первого и второго логических устройств - двухпозиционных измерителей-регуляторов с программируемыми уставками, выходы которых подключены к первому и второму релейным устройствам, управляющих коммутирующими элементами для каналов с 1- по n-й от одного до нескольких (трех) фаз.

13. Стабилизатор по п.8, отличающийся тем, что к входу стабилизатора подключен узел контроля

сопротивления изоляции для сетей с изолированной нейтралью и защиты от перегрузок и коротких замыканий для любого вида сетей.

14. Стабилизатор по п.8, отличающийся тем, что между сетью и стабилизатором включен узел комбинированной защиты от аварийных режимов (короткое замыкание в стабилизаторе и нагрузке, перегрузка по току, перекос фаз, изменение уровня входного напряжения выше допустимых пределов, увеличение внутриблочной температуры, акустическая или оптическая индикация).

15. Стабилизатор переменного напряжения с элементами защиты, выполненный в виде последовательно соединенных n -каскадов, каждый из которых содержит регулировочный узел, включающий трансформатор, коммутирующий блок в виде двух коммутирующих элементов, каждый из которых выполнен в виде пары соединенных последовательно размыкающих и замыкающих контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и четыре RC-цепи, а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора через коммутирующие элементы подключена к входу и выходу регулировочного узла, а вторичная обмотка трансформатора включена в цепь нагрузки, кроме того, первичная обмотка подключена параллельно вторичной обмотке трансформатора разноименными выводами через размыкающие контакты коммутирующих элементов, также параллельно первичной обмотке трансформатора включен шунтирующий конденсатор, замыкающие контакты каждого коммутирующего элемента соединены между собой, разноименные выводы обмоток трансформатора соединены через размыкающие контакты каждого коммутирующего элемента, при этом узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня, а параллельно каждому контакту коммутирующих элементов включена RC-цепь, а на выходе последнего каскада включен параллельно нагрузке выходной конденсатор, отличающийся тем, что в каждый каскад введен силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, первый и второй контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла в первом каскаде между фазным проводом сети и входом упомянутого узла, а в остальных каскадах - между выходом предыдущего каскада и входом регулировочного узла и между нагрузкой и выходом своего каскада, при этом в каждый каскад введен дополнительный узел защиты, подключенный входом к точке соединения первого контакта первого силового двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом - к нейтральному проводу сети, при этом дополнительный узел защиты содержит первый, второй и третий контакты трехполюсного автомата защиты, второй контакт которого подключен между нейтральным проводом и общей точкой соединения замыкающих контактов обоих коммутирующих элементов, а третий контакт - между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения пары замыкающего и размыкающего контактов второго коммутирующего элемента.

16. Стабилизатор по п.15, отличающийся тем, что каждый или избранные каскады дополнительно содержат переключатель первичной обмотки трансформатора, в состав которого входят замыкающий, размыкающий и средний контакты, а также две дополнительные RC-цепи, резисторы которых подключены к точке соединения размыкающего и замыкающего контактов первого коммутирующего элемента и среднему контакту переключателя первичной обмотки, конденсаторы дополнительных RC-цепей подключены объединенными выводами соответственно к средней точке первичной обмотки трансформатора и замыкающему контакту переключателя первого вывода первичной обмотки в точке соединения первого вывода шунтирующего конденсатора, второй вывод которого соединен со вторым выводом первичной обмотки регулировочного трансформатора и размыкающим контактом переключателя.

17. Стабилизатор по п.15, отличающийся тем, что дополнительный узел защиты выполнен в виде диодного моста, первым входным выводом подключенного к первому выводу независимого расцепителя силового двухполюсного автомата, второй вывод которого является входом дополнительного узла защиты, причем к выходу диодного моста подключен тиристор, в котором между анодом и управляющим электродом последовательно включены ограничительный резистор и резистор цепи управления, между точкой соединения упомянутых резисторов и катодом тиристора включен первый контакт трехполюсного автомата, а между первым выводом независимого расцепителя силового двухполюсного автомата и нейтральным проводом включена кнопка дистанционного управления.

18. Стабилизатор по п.15, отличающийся тем, что в первый каскад между фазным проводом и выходом подключен силовой двухполюсный автомат резервирования, а в остальных каскадах указанный автомат резервирования включен между выходом предыдущего каскада и выходом своего каскада.

19. Стабилизатор по п.15, отличающийся тем, что узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня, а при этом каждая схема выполнена в виде датчика напряжения, содержащего последовательно соединенные понижающий трансформатор, диодный мост датчика, резистивный разбалансированный мост, вход датчика напряжения подключен к контролируемой сети, диагональ резистивного разбалансированного моста, являющаяся выходом датчика напряжения, подключена к входу двухпозиционного измерителя-регулятора (программируемого микроконтроллера), состоящего из входного узла, выход которого подключен к входу цифрового фильтра, выход которого подключен к входам первого и второго логических устройств - двухпозиционных измерителей-регуляторов с программируемыми

уставками, выходы которых подключены к первому и второму релейным устройствам, управляющих коммутирующими элементами для каналов с 1- по n-й от одного до нескольких (трех) фаз.

20. Стабилизатор по п.15, отличающийся тем, что к входу стабилизатора подключен узел контроля сопротивления изоляции для сетей с изолированной нейтралью и защиты от перегрузок и коротких замыканий для любого вида сетей.

21. Стабилизатор по п.15, отличающийся тем, что между сетью и стабилизатором включен узел комбинированной защиты от аварийных режимов (короткое замыкание в стабилизаторе и нагрузке, перегрузка по току, перекося фаз, изменение уровня входного напряжения выше допустимых пределов, увеличение внутривольной температуры, акустическая или оптическая индикация).

22. Стабилизатор переменного напряжения с элементами защиты, выполненный в виде последовательно соединенных n-каскадов, каждый из которых содержит регулировочный узел, который включает трансформатор, коммутирующий блок в виде соединенных последовательно размыкающего и замыкающего контактов, шунтирующий и выходной конденсаторы и две RC-цепи, а также узел управления и коммутации, при этом первичная обмотка трансформатора подключена к входу и выходу регулировочного узла, а вторичная обмотка включена в цепь нагрузки таким образом, что первые одноименные выводы первичной и вторичной обмоток трансформатора соединены соответственно с фазным и нейтральным проводами сети и цепью нагрузки непосредственно, а вторые выводы обмоток трансформатора соединены между собой через размыкающий контакт коммутирующего элемента, при этом к точке соединения второго вывода первичной обмотки и размыкающего контакта подключен замыкающий контакт, параллельно первичной обмотке трансформатора включен шунтирующий конденсатор, а параллельно каждому контакту коммутирующего элемента включена соответствующая RC-цепь, при этом узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня, а на выходе последнего регулировочного узла каскада включен параллельно нагрузке выходной конденсатор, отличающийся тем, что в каждый каскад введен силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, первый и второй контакты автомата включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулировочного узла в первом каскаде между фазным проводом сети и входом упомянутого узла, а в остальных каскадах между выходом предыдущего каскада и входом регулировочного узла и между нагрузкой и выходом своего каскада, при этом в каждый каскад введен дополнительный узел защиты регулировочного узла, подключенный входом к точке соединения первого контакта первого двухполюсного автомата с входом регулировочного узла, а выходом - к нейтральному проводу сети, второй и третий контакты трехполюсного автомата дополнительного узла защиты подключены соответственно между нейтральным проводом и выводом замыкающего контакта, не связанным с размыкающим контактом, и между вторым выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения замыкающего и размыкающего контактов коммутирующего элемента, при этом первые одноименные выводы обмоток трансформатора соединены с выходом регулировочного узла.

23. Стабилизатор по п.22, отличающийся тем, что дополнительно в каждый каскад или в избранные каскады введен переключатель трансформатора, в состав которого входят замыкающий, размыкающий и средний контакты, а также две дополнительные RC-цепи, резисторы которых подключены к точке соединения размыкающего и замыкающего контактов первого коммутирующего элемента и среднему контакту переключателя первичной обмотки, конденсаторы дополнительных RC-цепей подключены объединенными выводами соответственно к средней точке первичной обмотки трансформатора и замыкающему контакту переключателя первого вывода первичной обмотки в точке соединения первого вывода шунтирующего конденсатора, второй вывод которого соединен со вторым выводом первичной обмотки регулировочного трансформатора и размыкающим контактом переключателя.

24. Стабилизатор по п.22, отличающийся тем, что дополнительный узел защиты выполнен в виде диодного моста, первым входным выводом подключенного к первому выводу независимого расцепителя силового двухполюсного автомата, второй вывод которого является входом дополнительного узла защиты, причем к выходу диодного моста подключен тиристор, в котором между анодом и управляющим электродом последовательно включены ограничительный резистор и резистор цепи управления, между точкой соединения упомянутых резисторов и катодом тиристора включен первый контакт трехполюсного автомата, а между первым выводом независимого расцепителя силового двухполюсного автомата и нейтральным проводом включена кнопка дистанционного управления.

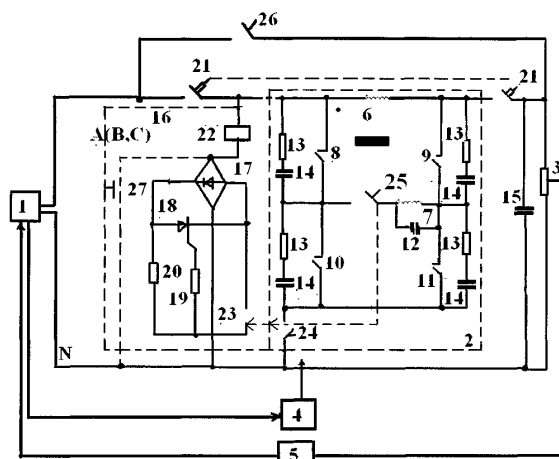
25. Стабилизатор по п.22, отличающийся тем, что в первом каскаде между фазным проводом и выходом каскада подключен силовой двухполюсный автомат резервирования, а в остальных ступенях указанный автомат резервирования включен между выходом предыдущей ступени каскада и выходом своего каскада.

26. Стабилизатор по п.22, отличающийся тем, что узел управления и коммутации выполнен в виде $2n$ схем контроля коммутации, контролирующих увеличение и уменьшение напряжения на нагрузке от установленного уровня, а при этом каждая схема выполнена в виде датчика напряжения, содержащего последовательно соединенные понижающий трансформатор, диодный мост датчика, резистивный разбалансированный мост, вход датчика напряжения подключен к контролируемой сети, диагональ резистив-

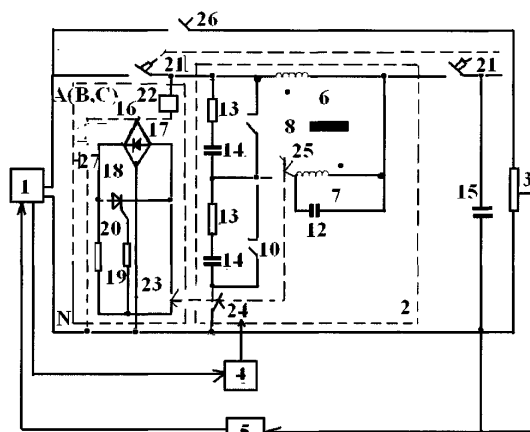
ного разбалансированного моста, являющаяся выходом датчика напряжения, подключена к входу двухпозиционного измерителя-регулятора (программируемого микроконтроллера), состоящего из входного узла, выход которого подключен к входу цифрового фильтра, выход которого подключен к входам первого и второго логических устройств - двухпозиционных измерителей-регуляторов с программируемыми уставками, выходы которых подключены к первому и второму релейным устройствам, управляющим коммутирующими элементами для каналов с 1- по n-й от одного до нескольких (трех) фаз.

27. Стабилизатор по п.22, отличающийся тем, что к входу стабилизатора подключен узел контроля сопротивления изоляции для сетей с изолированной нейтралью и защиты от перегрузок и коротких замыканий для любого вида сетей.

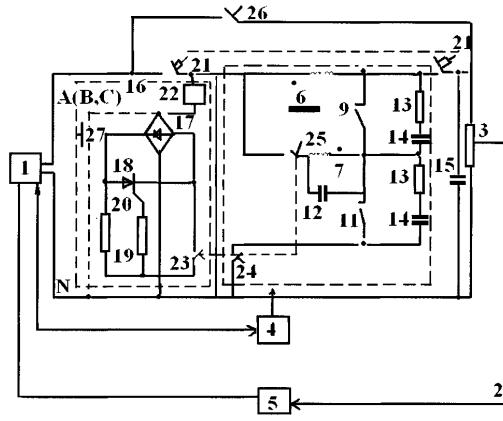
28. Стабилизатор по п.22, отличающийся тем, что между сетью и стабилизатором включен узел комбинированной защиты от аварийных режимов (короткое замыкание в стабилизаторе и нагрузке, перегрузка по току, перекоз фаз, изменение уровня входного напряжения выше допустимых пределов, увеличение внутривольной температуры, акустическая или оптическая индикация).



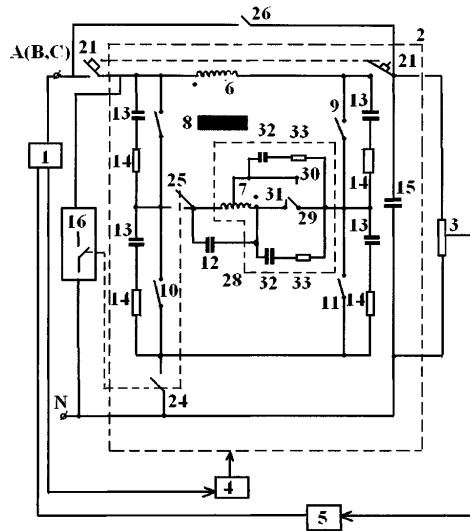
Фиг. 1



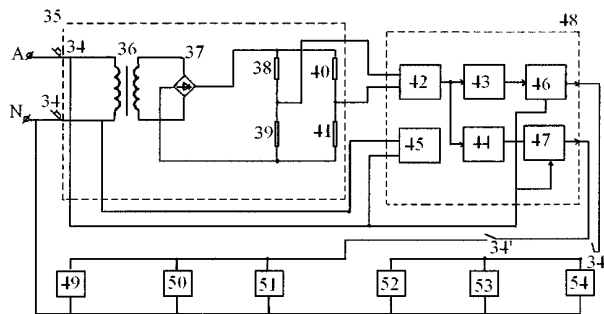
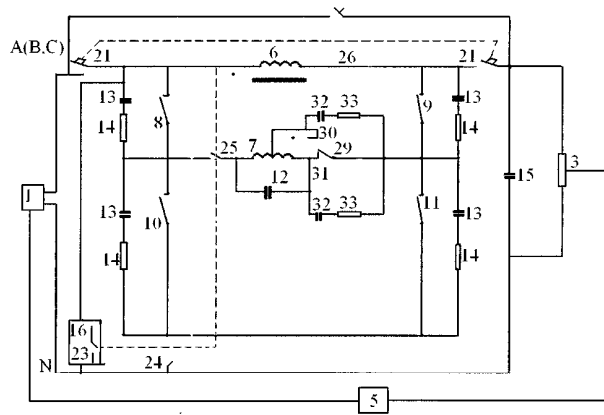
Фиг. 2



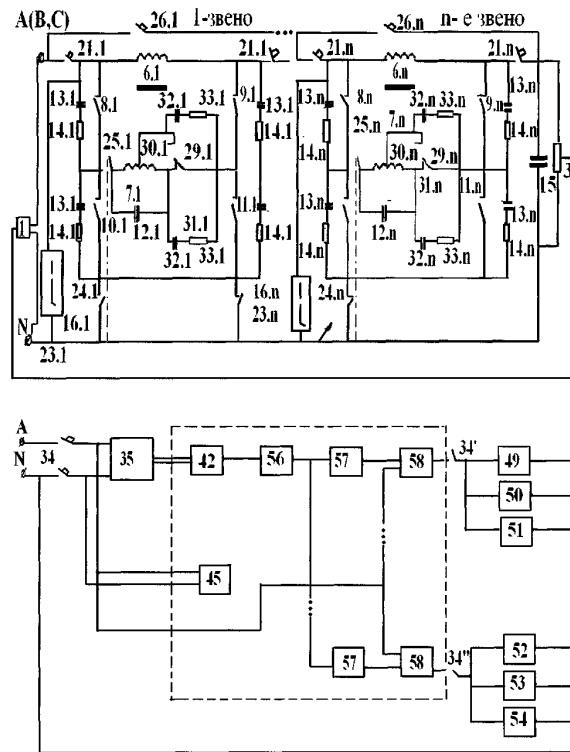
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6