



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89833 (13) C2

(51) МПК (2009)

G05F 1/00

H01F 29/00

H02M 3/00

H02M 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ АБО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГ ТРИФАЗНОГО ПРИЙМАЧА

1

(21) a200800937

(22) 28.01.2008

(24) 10.03.2010

(46) 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.

(72) МУЗИЧЕНКО ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) МУЗИЧЕНКО ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(56) US 4255734 A; 10.03.1981

US 4325020 A; 13.04.1982

EP 0650173 A1; 26.04.1995

SU 811454 A; 07.03.1981

US 5091839 A; 25.02.1992

UA 44488 A; 15.02.2002

SU 842991 A; 30.06.1981

EP 0620635 A1; 19.10.1994

(57) 1. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

2

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи, перші виводи ключів третьої групи приєднані по одному до одного виводу обмотки третьої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток третьої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, перші виводи ключів другої групи приєднані по одному до одного виводу обмотки другої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перші виводи ключів першої групи приєднані по одному до одного виводу основної обмотки першої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача, а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

2. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні

(13) C2

(11) 89833

(19) UA

магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи по одному приєднаний до виводу однієї обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу, у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток третьої групи, кожен вивід обмоток третьої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа третьої групи, кожен другий вивід ключів третьої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів третьої групи приєднана до виводу однієї з обмоток другої групи, кожен вивід обмоток другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу одного ключа другої групи, кожен другий вивід ключів другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, кожен перший вивід ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу пристрою, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача, а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

3. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні

якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи, перші виводи ключів третьої групи приєднані по одному до одного виводу обмотки третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток третьої групи приєднаний до виводу однієї з обмоток другої групи, кожен вивід обмотки другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа другої групи, а другі виводи ключів другої групи приєднані до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи,

спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, кожен перший вивід кожного ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмоток першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

4. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при

цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток третьої групи,

кожен вивід обмоток третьої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа третьої групи, кожен другий вивід ключа третьої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів третьої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, причому перший вивід ключа другої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, а перший вивід кожного ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

5. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані

обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, перший вивід кожного ключа другої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перший вивід кожного ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

6. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному

стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу, у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток другої групи, вивід кожної обмотки другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа другої групи, кожен другий вивід ключа другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, кожен перший вивід ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача, а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

7. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить одну групу основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та одну групу ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, до кожної однієї основної обмотки приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатко-

вою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу, у групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів, кожен перший вивід ключа приєднаний по одному до одного виводу однієї з обмоток, у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток приєднаний до вихідного проміжного виводу, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача, а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

8. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, а також додано одну основну допоміжну та одну додаткову допоміжну обмотки на кожному стрижні магнітопроводу, у кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами, а основна та додаткова обмотки розміщені на різних стрижнях магнітопроводу, у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, перший вивід кожного ключа другої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки другої групи, у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перший вивід кожного ключа першої групи приєдна-

ний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою основна та додаткова допоміжні обмотки з'єднані між собою послідовно однойменними виводами, послідовні з'єднання допоміжних обмоток між собою з'єднані у зірку за схемою зиг'заг або λ -подібною схемою, спільна точка зиг'загу або λ -подібної схеми приєднана до затискача нульової фази приймача, а виводи лінійних фаз зиг'загу або λ -подібної схеми приєднані до вихідних проміжних виводів, які приєднані до затискачів лінійних фаз приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

9. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, а також одну основну допоміжну та одну додаткову допоміжну обмотки, на кожному стрижні магнітопроводу,

у кожній групі до кожної однієї основної обмотки приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток другої групи, вивід кожної обмотки другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа другої групи, кожен другий вивід ключа другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перший вивід кожного ключа

першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою основна та додаткова допоміжні обмотки з'єднані між собою послідовно однойменними виводами,

послідовні з'єднання допоміжних обмоток між собою з'єднані у зірку за схемою зиг'заг або λ -подібною схемою, спільна точка зиг'загу або λ -подібної схеми приєднана до затискача нульової фази приймача, а виводи лінійних фаз зиг'загу або λ -подібної схеми приєднані до вихідних проміжних виводів, які приєднані до затискачів лінійних фаз приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

10. Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи, який **відрізняється** тим, що пристрій містить одну групу основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та одну групу ключів у кожній схемі фази, додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, а також додано основну допоміжну та додаткову допоміжну обмотки на кожному стрижні магнітопроводу,

до кожної однієї основної обмотки приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів, кожен перший вивід кожного ключа приєднаний по одному до одного виводу однієї з основних обмоток,

у кожній схемі однієї фази пристрою основна та додаткова допоміжні обмотки з'єднані між собою послідовно однойменними виводами,

послідовні з'єднання допоміжних обмоток між собою з'єднані у зірку за схемою зиг'заг або λ -подібною схемою, спільна точка зиг'загу або λ -подібної схеми приєднана до затискача нульової фази приймача, а виводи лінійних фаз зиг'загу або λ -подібної схеми приєднані до вихідних проміжних

выводів, які приєднані до затискачів лінійних фаз приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів лінійних фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

11. Пристрій за пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що у кожній фазі пристрою затискач лінійних фаз джерела приєднаний до вихідного проміжного виводу, а вхідний проміжний вивід приєднаний до затискача лінійної фази приймача.

Пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача відноситься до електроенергетики та електротехніки і може бути використаний: або для зміни рівню трифазних напруг відповідно до вимог електротехнології приймача, або ж для стабілізації напруг приймача у межах, які встановлені: Міждержавним стандартом ГОСТ 13109-97, а для імпортного устаткування - EN 50160-94.

Відомий пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача [1-18], який виконано на основі трансформатора або автотрансформатора, має у кожній фазі гальванічно зв'язані обмотки, споряджені проміжними виводами. Комутація виводів здійснюється з допомогою ключів, які можуть мати ручне, релейне, контактне, транзисторне або тиристорне виконання. У кожній фазі ключ приєднаний одним виводом до виводу обмотки, а другий його вивід приєднаний або до вхідного проміжного виводу пристрою [2, 7, 9, 11, 13, 14] або до вихідного проміжного виводу пристрою [1-7, 10-12, 14-18]. У пристроях [2, 7, 11, 14] використовують дві групи ключів, одна з цих груп ключів другими виводами приєднана до вхідного проміжного виводу пристрою, а друга група ключів другими виводами приєднана до вихідного виводу пристрою. Недолік пристрою: у пристрої відсутні міжфазні електромагнітні зв'язки, тому пристрій не переходить струми нульової послідовності, не зменшує втрати у джерелі та не покращує якість електричної енергії джерела та приймача. Крім того, пристрій має зайву кількість ключів.

Відомий пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача [1, 19-21], який виконано на основі двох трансформаторів, або автотрансформатора і трансформатора. Пристрій має у кожній фазі гальванічно розв'язані обмотки, споряджені проміжними виводами. Ключі ввімкнені між виводами двох груп гальванічно розв'язаних обмоток, або між виводами гальванічно зв'язаної та гальванічно розв'язаної груп обмоток відповідно. Недолік пристрою: пристрій не покращує якість електричної енергії джерела та приймача та не зменшує втрати енергії у джерелі та приймачі. Крім того, пристрій має зайву масу електротехнічної сталі та міді і підвищену кількість ключів.

Відомий пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача [10, 22, 23], який виконано на основі одного трансформатора, який має не менше двох гальванічно розв'язаних обмоток, одна з яких споряджена проміжними виводами. Пристрої містять дві групи ключів. Перша

12. Пристрій за пп. 8-10, який **відрізняється** тим, що у кожній фазі пристрою затискач лінійних фаз джерела приєднаний до вихідного проміжного виводу, а вхідний проміжний вивід приєднаний до затискача лінійної фази приймача, середня точка допоміжних обмоток, з'єднаних у зірку за схемою зіг'заг або λ -подібною схемою, приєднана до затискача нульової фази джерела, а вивід крайніх обмоток першої групи приєднаний до нульової фази приймача.

група ключів складається з двох ключів, або одного перемикача, які змінюють фазу напруги гальванічно розв'язаної обмотки на 180° , тобто здійснюють реверс фази. Недолік пристрою: пристрій не зменшує втрати енергії у джерелі та не покращує якість енергії джерела та приймача. Крім того, пристрій має підвищену кількість ключів.

Відомий пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача [2, 24-28], який виконано на основі одного трансформатора або автотрансформатора, який має або надлишкову кількість гальванічно зв'язаних або розв'язаних обмоток, або надмірну кількість ключів. Пристрій містить не менше двох груп ключів, кожна з яких може містити до дев'яти ключів. Особливість схеми кожної фази полягає у тому, що одночасно у ввімкненому стані знаходиться двоє або більше ключів. У пристрої [28] у схемі фазного кола одна з обмоток із проміжними виводами розміщена на іншому стрижні магнітопроводу ніж три інші обмотки і використовується чотири обмотки з чотирма послідовно ввімкненими ключами для регулювання величини та фазного кута вихідної напруги з метою узгодження режимів двох енергосистем. Недолік пристрою: пристрій не зменшує втрати енергії у джерелі та не покращує якість електричної енергії джерела та приймача. Крім того, пристрій має зайву кількість ключів, особливо у випадку, якщо пристрій містить меншу кількість гальванічно розв'язаних обмоток.

Відомий пристрій для стабілізації або регулювання напруг трифазного приймача [27] - прототип, який виконано на основі одного трифазного трансформатора. Пристрій містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи пристрою, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи.

Недолік прототипу - втрати електричної енергії в ключах та живильному трансформаторі за наявності в приймачі струмів вищих гармонік та неси-

метрії струмів основної гармоніки, зниження якості електричної енергії у споживача та постачальника.

У зв'язку з цим була поставлена задача - покращити якість електричної енергії приймача та джерела, зменшити втрати енергії у джерелі та ключах пристрою.

Поставлена задача вирішена шляхом переходу струмів основної та вищих гармонік нульової послідовності та зменшення кількості ключів, а саме тим, що:

У пристрої, який містить затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі, затискачі для приєднання лінійних та нульової фаз приймача, вхідні та вихідні проміжні виводи пристрою, тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщені основні гальванічно розв'язані обмотки, комутуючі ключі та блок керування, при цьому обмотки, які розміщені на кожному стрижні магнітопроводу, поділені на групи, у межах кожної групи обмотки зв'язані між собою гальванічно, ключі у кожній фазі пристрою розподілені на групи, перший вивід одного ключа однієї групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки цієї групи, а другі виводи ключів цієї групи з'єднані між собою у спільній точці ключів групи,

за першим незалежним пунктом формули винаходу

пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи, перші виводи ключів третьої групи приєднані по одному до одного виводу обмотки третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток третьої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, перші виводи ключів другої групи приєднані по одному до одного виводу обмотки другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної

точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перші виводи ключів першої групи приєднані по одному до одного виводу основної обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

За другим незалежним пунктом формули винаходу

пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток третьої групи, кожен вивід обмоток третьої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа третьої групи, кожен другий вивід ключів третьої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів третьої групи приєднана до виводу однієї з обмоток другої групи, кожен вивід обмоток другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу одного ключа другої групи, кожен другий вивід ключів другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, кожен перший вивід ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу пристрою, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

за третім незалежним пунктом формули винаходу:

пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи, перші виводи ключів третьої групи приєднані по одному до одного виводу обмотки третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток третьої групи приєднаний до виводу однієї з обмоток другої групи, кожен вивід обмотки другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа другої групи, а другі виводи ключів другої групи приєднані до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи,

спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, кожен перший вивід кожного ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмоток першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

за четвертим незалежним пунктом формули винаходу

пристрій містить три групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та три групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магніто-

проводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи, вивід крайньої обмотки у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток третьої групи, кожен вивід обмоток третьої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа третьої групи, кожен другий вивід ключа третьої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів третьої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, при чому перший вивід ключа другої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, а перший вивід кожного ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

за п'ятим незалежним пунктом формули винаходу

пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, перший вивід кожного ключа другої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перший вивід кожного ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

за шостим незалежним пунктом формули виходу

пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки кожної групи приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток другої групи, вивід кожної обмотки другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа другої групи, кожен другий вивід ключа другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, кожен перший вивід ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

за сьомим незалежним пунктом формули виходу

пристрій містить одну групу основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та одну групу ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток,

до кожної однієї основної обмотки приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів, кожен перший вивід ключа приєднаний по одному до одного виводу однієї з обмоток,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток приєднаний до вихідного проміжного виводу, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

За восьмим незалежним пунктом формули виходу

пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, а також додано одну основну допоміжну та одну додаткову допоміжну обмотки на кожному стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами, а основна та додаткова обмотки розміщені на різних стрижнях магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, перший вивід кожного ключа другої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перший вивід кожного ключа першої групи при-

єднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою основна та додаткова допоміжні обмотки з'єднані між собою послідовно однойменними виводами,

послідовні з'єднання допоміжних обмоток між собою з'єднані за схемою зигзаг або λ -подібною схемою, спільна точка зигзагу або λ -подібної схеми приєднана до затискача нульової фази приймача, а виводи лінійних фаз зигзагу або λ -подібної схеми приєднані до вихідних проміжних виводів, які приєднані до затискачів лінійних фаз приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

За дев'ятим незалежним пунктом формули винаходу

пристрій містить дві групи основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та дві групи ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, а також одну основну допоміжну та одну додаткову допоміжну обмотки, на кожному стрижні магнітопроводу,

у кожній групі до кожної однієї основної обмотки приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела, вивід крайньої обмотки у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до виводу однієї з обмоток другої групи, вивід кожної обмотки другої групи приєднаний по одному до одного першого виводу ключа другої групи, кожен другий вивід ключа другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи, перший вивід кожного ключа першої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи,

у кожній схемі однієї фази пристрою основна та додаткова допоміжні обмотки з'єднані між собою послідовно однойменними виводами,

послідовні з'єднання допоміжних обмоток між собою з'єднані за схемою зигзаг або λ -подібною схемою, спільна точка зигзагу або λ -подібної схеми приєднана до затискача нульової фази приймача, а виводи лінійних фаз зигзагу або λ -подібної схеми приєднані до вихідних проміжних виводів, які приєднані до затискачів лінійних фаз приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

За десятим незалежним пунктом формули винаходу

пристрій містить одну групу основних гальванічно розв'язаних обмоток на кожному стрижні та одну групу ключів у кожній схемі фази,

до пристрою додано додаткові обмотки, кількість яких дорівнює кількості основних обмоток, а також додано основну допоміжну та додаткову допоміжну обмотки на кожному стрижні магнітопроводу,

до кожної однієї основної обмотки приєднана одна рівна їй по кількості витків додаткова обмотка, при цьому кожна одна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, з'єднана послідовно однойменними виводами з однією додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу,

у кожній групі обмоток пари обмоток з'єднані між собою однойменними та/або різнойменними виводами, вивід крайньої обмотки приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела,

у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела приєднаний до вхідного проміжного виводу, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів, кожен перший вивід кожного ключа приєднаний по одному до одного виводу однієї з основних обмоток,

у кожній схемі однієї фази пристрою основна та додаткова допоміжні обмотки з'єднані між собою послідовно однойменними виводами,

послідовні з'єднання допоміжних обмоток між собою з'єднані за схемою зигзаг або λ -подібною схемою, спільна точка зигзагу або λ -подібної схеми приєднана до затискача нульової фази приймача, а виводи лінійних фаз зигзагу або λ -подібної схеми приєднані до вихідних проміжних виводів, які приєднані до затискачів лінійних фаз приймача,

а блок керування приєднаний до затискачів лінійних фаз джерела та до керуючого виводу кожного ключа.

У кожній фазі пристрою затискач лінійних фаз джерела приєднаний до вихідного проміжного виводу, а вхідний проміжний вивід приєднаний до затискача лінійної фази приймача.

У кожній фазі пристрою затискач лінійних фаз джерела приєднаний до вихідного проміжного виводу, а вхідний проміжний вивід приєднаний до затискача лінійної фази приймача, середня точка допоміжних обмоток, з'єднаних за схемою зигзаг або λ -подібної схеми, приєднана до затискача нульової фази джерела, а вивід крайніх обмоток першої групи приєднаний до нульової фази приймача.

Розглянемо графічні матеріали.

На Фіг.1 подана принципова схема пристрою з трьома групами обмоток та ключів за першим пунктом формули винаходу.

На Фіг.2 показана блок-схема пристрою з трьома групами обмоток та ключів за другим пунктом формули винаходу.

На Фіг.3 приведена блок-схема пристрою з трьома групами обмоток та ключів за третім пунктом формули винаходу.

На Фіг.4 представлена блок-схема пристрою з трьома групами обмоток та ключів за четвертим пунктом формули винаходу.

На Фіг.5 подана блок-схема пристрою з двома групами обмоток та ключів за п'ятим пунктом формули винаходу.

На Фіг.6 показана блок-схема пристрою з двома групами обмоток та ключів за шостим пунктом формули винаходу.

На Фіг.7 наведена блок-схема пристрою з однією групою обмоток та ключів за сьомим пунктом формули винаходу.

На Фіг.8 подана блок-схема пристрою з гальванічною розв'язкою джерела та приймача із двома групами обмоток та ключів за восьмим пунктом формули винаходу.

На Фіг.9 подана блок-схема пристрою з гальванічною розв'язкою джерела та приймача із двома групами обмоток та ключів за дев'ятим пунктом формули винаходу.

На Фіг.10 показана блок-схема пристрою з гальванічною розв'язкою джерела та приймача із однією групою обмоток та ключів за десятим пунктом формули винаходу.

На Фіг.11 наведена блок-схема варіанту пристрою з глухим приєднанням обмоток першої групи до затискачів джерела.

На Фіг.1 позначено: А1, В1, С1, 0 та А2, В2, С2, 0 - затискачі лінійних фаз джерела та приймача відповідно; 1, 2, 3 та 85, 86, 67 - вхідні та вихідні проміжні виводи пристрою; 4 - блок керування; 5 - кабель зв'язку блоку керування із затискачами джерела; 6 - кабель зв'язку з керуючими виводами ключів; 7-15, 33-41, 59-67 - ключі; 16, 21, 26 - третя, друга та перша групи обмоток кола фази А відповідно; 42, 47, 52 - третя, друга та перша групи обмоток фази В відповідно; 68, 73, 78 - третя, друга та перша групи обмоток фази С відповідно; 17, 19, 22, 24, 27, 29, 31 - основні обмотки фази А; 18, 20, 23, 25, 28, 30, 32 - додаткові обмотки фази А; 43, 45, 48, 50, 53, 55, 57 - основні обмотки фази В; 44, 46, 49, 51, 54, 56, 58 - додаткові обмотки фази В; 69, 71, 74, 76, 79, 81, 83 - основні обмотки фази С; 70, 72, 75, 77, 80, 82, 84 - додаткові обмотки фази С; • - позначення початкового виводу обмотки; 88, 89, 90 - схеми електричних кіл у фазах А, В, С пристрою відповідно.

На Фіг.2 позначено: 91, 117, 118 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104 - основні обмотки схеми кола фази А; 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105 - додаткові обмотки схеми кола фази А; 108-116 - ключі схеми кола фази А; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.3 позначено: 121, 145, 146 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134 - основні обмотки схеми кола фази А; 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135 - додаткові обмотки схеми кола фази А; 136-144 - ключі схеми кола фази А; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.4 позначено: 150, 174, 175 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 151, 153, 155,

157, 159, 161, 163 - основні обмотки схеми кола фази А; 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164 - додаткові обмотки схеми кола фази А; 165-173 - ключі схеми кола фази А; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.5 позначено: 176, 193, 194 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 177-182 - ключі схеми кола фази А; 183, 185, 187, 189, 191 - основні обмотки схеми кола фази А; 184, 186, 188, 190, 192 - додаткові обмотки схеми кола фази А; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.6 позначено: 195, 212, 213 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 196-201 - ключі схеми кола фази А; 202, 204, 206, 208, 210 - основні обмотки схеми кола фази А; 203, 205, 207, 209, 211 - додаткові обмотки схеми кола фази А; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.7 позначено: 214, 224, 225 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 215-217 - ключі схеми кола фази А; 218, 220, 222 - основні обмотки схеми кола фази А; 219, 221, 223 - додаткові обмотки схеми кола фази А; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.8 позначено: 226, 245, 246 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 227-232 - ключі схеми кола фази А; 233, 235, 237, 239, 241 - основні обмотки схеми кола фази А; 234, 236, 238, 240, 242 - додаткові обмотки схеми кола фази А; 243 та 244 - основна та додаткова допоміжні обмотки; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.9 позначено: 247, 266, 267 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 248-253 - ключі схеми кола фази А; 254, 256, 258, 260, 262 - основні обмотки схеми кола фази А; 255, 257, 259, 261, 263 - додаткові обмотки схеми кола фази А; 264 та 265 - основна та додаткова допоміжні обмотки; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.10 позначено: 268, 280, 281 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 269-271 - ключі схеми кола фази А; 272, 274, 276 - основні обмотки схеми кола фази А; 273, 275, 277 - додаткові обмотки схеми кола фази А; 278 та 279 - основна та додаткова допоміжні обмотки; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.11 позначено: 282, 299, 300 - схеми електричних кіл фаз А, В, С відповідно; 283-288 - ключі схеми кола фази А; 289, 291, 293, 295, 297 - основні обмотки схеми кола фази А; 290, 292, 294, 296, 298 - додаткові обмотки схеми кола фази А; решта позначень співпадає із позначеннями Фіг.1.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за першим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела А1, В1, С1, 0 (Фіг.1); затискачі лінійних та нульової фаз приймача А2, В2, С2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, обмотки, ключі та блок керування 4. На кожному стрижні магнітопроводу розміщені основні та додаткові обмотки. Блок керування 4 з допомогою кабелів зв'язку 5 та 6 з'єднаний із затискачами джерела та керуючими виводами ключів відповідно. Кожна основна та кожна додаткова обмотки мають однакову кількість витків і з'єднані між собою одной-

менними, наприклад, кінцевими виводами. На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 17, 19, 22, 24, 27, 29, 31 та додаткові обмотки 44, 46, 49, 51, 54, 56, 58. На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 43, 45, 48, 50, 53, 55, 57 та додаткові обмотки 70, 72, 75, 77, 80, 82, 84. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 69, 71, 74, 76, 79, 81, 83 та додаткові обмотки 18, 20, 23, 25, 28, 30, 32. Розміщення обмоток на різних стрижнях показано методом зміщення зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 18, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте по горизонталі вправо відносно зображення основної обмотки 17, розміщеної на першому стрижні.

Обмотки, розміщені на одному стрижні, поділені на групи (Фіг.1). До першої групи обмоток 26 у схемі кола фази А входять основні обмотки 27, 29, 31, розміщені на першому стрижні, та додаткові обмотки 28, 30, 32, розміщені на третьому стрижні. До другої групи обмоток 21 у схемі кола фази А входять основні обмотки 22 та 24, розміщені на першому стрижні, та додаткові обмотки 23 та 25, розміщені на третьому стрижні. До третьої групи обмоток 16 у схемі кола фази А входять основні обмотки 17 та 19, розміщені на першому стрижні, та додаткові обмотки 18 та 20, розміщені на третьому стрижні (Фіг.1).

До першої групи обмоток 52 у схемі кола фази В входять основні обмотки 53, 55, 57, розміщені на другому стрижні, та додаткові обмотки 54, 56, 58, розміщені на першому стрижні. До другої групи обмоток 47 у схемі кола фази В входять основні обмотки 48 та 50, розміщені на другому стрижні, та додаткові обмотки 49 та 51, розміщені на першому стрижні. До третьої групи обмоток 42 у схемі кола фази В входять основні обмотки 43 та 45, розміщені на другому стрижні, та додаткові обмотки 44 та 46, розміщені на першому стрижні (Фіг.1).

До першої групи обмоток 78 у схемі кола фази С входять основні обмотки 79, 81, 83, розміщені на третьому стрижні, та додаткові обмотки 80, 82, 84, розміщені на другому стрижні. До другої групи обмоток 73 у схемі кола фази С входять основні обмотки 74 та 76, розміщені на третьому стрижні, та додаткові обмотки 75 та 77, розміщені на другому стрижні. До третьої групи обмоток 68 у схемі кола фази С входять основні обмотки 69 та 71, розміщені на третьому стрижні, та додаткові обмотки 70 та 72, розміщені на другому стрижні.

Ключі у кожній схемі кола фази поділені на групи. У схемі кола фази А: до першої групи ключів входять ключі 13-15; до другої групи ключів входять ключі 10-12; до третьої групи ключів входять ключі 7-9. У схемі кола фази В: до першої групи ключів входять ключі 39-41; до другої групи ключів входять ключі 36-38; до третьої групи ключів входять ключі 33-35. У схемі кола фази С: до першої групи ключів входять ключі 65-67; до другої групи ключів входять ключі 62-64; до третьої групи ключів входять ключі 59-61 (Фіг.1).

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами. Вивід крайньої обмотки 32 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із

затискачами нульових фаз джерела та приймача. Вивід крайньої обмотки 25 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи. Вивід крайньої обмотки 20 у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи.

До кожного виводу основної обмотки, наприклад, 17 приєднаний перший вивід ключа 7, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів, наприклад, 7, 8 та 9.

У кожній схемі однієї фази пристрою кожен затискач лінійної фази джерела, наприклад, А1 приєднаний до вхідного проміжного виводу, наприклад, 1, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи, наприклад, 7-9, а перші виводи цих ключів приєднані по одному до одного виводу обмотки третьої групи 17-20.

У кожній схемі однієї фази пристрою один із виводів обмоток, наприклад, 18 третьої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи, наприклад, 10-12, перший вивід яких приєднаний по одному до одного виводу обмоток другої групи 21.

У кожній схемі однієї фази пристрою один вивід обмотки другої групи, наприклад, 23 приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи 26, перші виводи цих ключів приєднані по одному до одного виводу обмотки першої групи 27-31.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток, наприклад, 27 першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу пристрою, наприклад, 85, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача, наприклад, А2.

Блок керування 4 приєднаний до затискачів лінійних фаз джерела А1, В1, С1 за допомогою кабелю зв'язку 5, а за допомогою кабелю зв'язку 6 блок керування приєднаний до керуючих виводів кожного ключа 7-15, 33-41, 59-67 схем електричних кіл фаз А, В, С відповідно.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою для стабілізації або регулювання трифазної напруги приймача до живильної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідним проміжним виводом. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідних для забезпечення необхідної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 8, 11, 14 - у фазі А; 34, 37, 40-у фазі В; 60, 63, 66 - у фазі С. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу необхідної величини на затискачі приймача А2, В2, С2.

Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється по випадковому закону. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у трьох групах, кожна з яких утворена трьома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів третьої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з найменшим кроком рівнів. При перемиканні ключів першої та другої груп, як правило, відбувається перемикання ключів третьої групи, що забезпечує найбільшу кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикань такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключається ключі у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А2 приймача відбувається за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85, що забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації трьох ключів нового рівню напруг у фазі А. В результаті живлення приймача відбувається від одної переключеної фази А та двох не переключених фаз В та С. Після цього подібна комутація відбувається у фазі В, а за тим - у фазі С.

Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази А (обмотки 27-32). За умови, при якій ключ 15 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг автотрансформатора, а саме:

$$U_{\text{вих}}(15) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{27} + W_{28} + W_{29} + W_{30} + W_{31} + W_{32}) / (W_{31} + W_{32}) \quad (1)$$

що свідчить про максимальне збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною у першій групі регулювання. У виразі (1) позначено: W_{27} - кількість витків обмотки 27. За умови, при якій ключ 14 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(14) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{27} + W_{28} + W_{29} + W_{30} + W_{31} + W_{32}) / (W_{29} + W_{30} + W_{31} + W_{32}) \quad (2)$$

Якщо відкритий ключ 13, вихідна напруга дорівнює вхідній. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні ($K_{p1}=3$) вихідних напруг.

Сумісна дія першої та другої груп забезпечують 9 рівнів:

$$K_{p1,2} = K_{p1} \cdot K_{p2} = 3 \cdot 3 = 9 \quad (3)$$

Сумісна дія першої, другої та третьої груп забезпечують 27 рівнів:

$$K_{p1,2,3} = K_{p1} \cdot K_{p2} \cdot K_{p3} = 3 \cdot 3 \cdot 3 = 27 \quad (4)$$

У варіанті, показаному на Фіг.1, максимальний коефіцієнт трансформації має місце при відкритих ключах: 9, 12 та 15 у схемі фази А; 35, 38 та 41 у схемі фази В; 61, 64 та 67 у схемі фази С.

Ефективність і область застосування. У даний час суттєво змінюється характер навантаження приймача. Навантаження приймача з року в рік дедалі стає несиметричним та масово нелінійним. Через це фазні напруги трифазного джерела, на-

приклад, трифазної розподільчої мережі дедалі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струмів. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг перевищують допустимі норми стандартів і викликають збій у роботі електронної апаратури.

Мета пристрою - зменшення втрат енергії у ключах пристрою та джерелі трифазних напруг, а також покращення якості електричної енергії споживача та постачальника. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка, кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). При такому виконанні пристрій перехоплює всі струми нульової послідовності: як основної частоти, так і вищих гармонік. Тому струми нульової послідовності основної та вищих гармонік струму не доходять до приймача. Перехоплення струмів нульової послідовності стало можливим через те, що ці струми створюють у основних обмотках, наприклад, у 27, 29 та 31 та додаткових обмотках, наприклад, 28, 30 та 32 зустрічні магнітні потоки, які взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності як з боку мережі, так і з боку приймача знижується у десятки разів і практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток приймача. У першому наближенні опір нульової послідовності пристрою можна вважати рівним нулеві. Аналогічну властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки: 17 та 18, 45 та 46, 74 та 75 і т.д.

У порівнянні з прототипом заявлений пристрій при восьми ключах має вісімнадцять вихідних рівнів напруг, замість шістнадцяти - у прототипі; у заявленому пристрої послідовно ввімкнені 3 ключі, а у прототипі - 4, тому втрати у ключах на 25% менші від втрат у прототипі; заявлений пристрій від 3 до 12 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі.

Пристрій, показаний на Фіг.1, доцільно застосовувати при умові, якщо середнє значення діапазону вхідних напруг менше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN-50160-94. Якщо середнє значення діапазону вхідних напруг більше номінального значення, доцільно використати варіант заявленого виконання, при якому у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а затискач лінійної фази приймача А2 з'єднаний із вхідним проміжним виводом 1. При такому виконанні встановлена потужність (маса міді та електротех-

нічної сталі) може бути зменшена на величину від 10% до 90%.

Пристрій забезпечує неперервність живлення приймачів при перемиканнях з одного рівню напруг на інший і не викликає істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. При цьому можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і механічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

При несиметрії фазних струмів пристрій зменшує симетричні складові нульової послідовності напруг та струмів основної та вищих гармонік, у тому числі таких, порядковий номер яких кратний трьом. Кратність зменшення струму у нульовій фазі мережі досягає 1-12 у залежності від відношення опорів нульової послідовності джерела та пристрою.

Пристрій пройшов лабораторні випробування і показав задовільні результати.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за другим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела А1, В1, С1,0 (Фіг.2); затискачі лінійних та нульової фаз приймача А2, В2, С2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, обмотки та ключі 108-116 у кожній фазі пристрою; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6 з джерелом та керуючими виводами ключів. Кожна основна та кожна додаткова обмотки мають однакову кількість витків і з'єднані між собою однойменними, наприклад, кінцевими виводами.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола однієї фази пристрою, оскільки в інших двох фазах склад і будова однакові з першою фазою. На Фіг.2 детально представлена схема кола фази А.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104. Додаткові обмотки 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105 розміщені на третьому стрижні (Фіг.2).

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази С, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.2 не показано).

Обмотки, розміщені на кожному стрижні, поділені на групи. На кожному стрижні розміщені три групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 100, 102, 104. Додатковими обмотками першої групи є обмотки 101, 103, 105. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 96 та 98, а до додаткових обмоток другої групи належать обмотки 97 та 99. До основних обмоток третьої групи належать основні обмотки 92 та 94, а до додаткових обмоток третьої групи належать обмотки

93 та 95 (Фіг.2). Розміщення обмоток на різних стрижнях показано методом зміщень зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 93, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте по горизонталі вправо відносно зображення обмотки 92, розміщеної на першому стрижні.

Ключі у кожній схемі кола фази поділені на групи. Так, наприклад, у схемі кола фази А: до першої групи ключів входять ключі 114-116; до другої групи ключів входять ключі 111-113; до третьої групи ключів входять ключі 108-110.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 92 та додаткової 93 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами, а пара обмоток, яка складається із основної 104 та додаткової 105 обмоток, між собою з'єднана початковими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 93 та 94 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами (початковий вивід обмотки 103 з'єднаний із кінцевим виводом обмотки 105).

Вивід крайньої обмотки 104 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. Вивід крайньої обмотки 99 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи. Вивід крайньої обмотки 95 у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи.

Кожен ключ, наприклад, 108 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 92, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів третьої групи 108-110.

У кожній схемі однієї фази пристрою 91, 117, 118 затискач лінійної фази джерела, наприклад, А1 приєднаний до вхідного проміжного виводу, наприклад, 1, який приєднаний до виводу однієї з обмоток третьої групи, наприклад, обмотки 92. Виводи обмоток третьої групи, наприклад, 92-95 через ключі 108, 109, 110 другої групи приєднані до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи 108-110.

У кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів третьої групи 108-110 приєднана до виводу однієї з обмоток другої групи, наприклад, 96. Виводи обмоток другої групи 96-99 через ключі 111-113 приєднані до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи 111-113.

У кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи 111-113 приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи 114-116. Перший вивід кожного ключа першої групи 114-116 приєднаний по одному до одного виводу обмотки першої групи 100-106.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вхідного проміжного виводу 85, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача А2.

Блок керування 4 кабелем зв'язку 5 з'єднаний із затискачами лінійних фаз джерела та кабелем 6 із керуючими виводами кожного ключа пристрою, наприклад, 108-116.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою для стабілізації або регулювання трифазної напруги приймача до живильної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних напруг, порівнює виміряне, з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідних для забезпечення потрібної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 109, 112, 116 - у фазі А; у фазах В та С блок керування 4 подає сигнали на ключі, які забезпечують рівень напруги, однаковий, з фазою А. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу потрібної величини на затискачі приймача. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється по випадковому закону. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у трьох групах, кожна з яких утворена трьома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів третьої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з найменшим кроком рівнів. При перемиканні ключів першої та другої груп, як правило, відбувається перемикання одночасно ключів третьої групи, що забезпечує найбільшу кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикань такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключаються ключі у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А приймача відбувається за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази А, що забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі дає можливість без перерви живлення фази приймача переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації трьох ключів нового рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключів у фазі А подібна комутація відбувається у фазі В, а за тим - у фазі С.

Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази А (обмотки 100-105). За умови, при якій ключ 116 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг автотрансформатора, а саме:

$$U_{\text{вих}}(116) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{100} + W_{101} + W_{102} + W_{103} + W_{104} + W_{105}) / (W_{104} + W_{105}) \quad (5)$$

що свідчить про максимальне збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною у першій групі регулювання. У виразі (5) позначено: W_{100} - кіль-

кість витків обмотки 100. За умови, при якій ключ 115 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(115) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{100} + W_{101} + W_{102} + W_{103} + W_{104} + W_{105}) / (W_{102} + W_{103} + W_{104} + W_{105}) \quad (6)$$

Якщо відкритий ключ 114, вихідна напруга дорівнює вхідній. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні ($Kp1=3$) вихідних напруг.

Сумісна дія першої та другої груп забезпечують 9 рівнів:

$$Kp1,2 = Kp1 \cdot Kp2 = 3 \cdot 3 = 9 \quad (7)$$

Сумісна дія першої, другої та третьої груп забезпечують 27 рівнів:

$$Kp1,2 = Kp1 \cdot Kp2 \cdot Kp3 = 3 \cdot 3 \cdot 3 = 27 \quad (8)$$

У варіанті, показаному на Фіг.2, максимальний коефіцієнт трансформації має місце при відкритих ключах: 108, 111 та 116 у схемі фази А; у схемі фази В та у схемі фази С - ключі, відповідні 108, 111, 116.

Ефективність і область застосування. Навантаження приймача з року в рік дедалі стає несиметричним та масово нелінійним. Через це фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі дедалі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струмів. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг перевищують допустимі норми стандартів і викликають збій у роботі електронної апаратури.

Основна мета пристрою - покращення якості електричної енергії приймача та джерела. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка, кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Таке виконання пристрою перехоплює всі струми нульової послідовності: як основної частоти, так і вищих гармонік. Мета досягається через те, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік при виконанні, яке заявляється, створюють у основних обмотках, наприклад, у 100, 102 та 104 та додаткових обмотках, наприклад, 101, 103 та 105 зустрічні магнітні потоки, які взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності пристрою знижується у десятки разів і практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток приймача. У першому наближенні опір нульової послідовності пристрою можна вважати рівним нулеві. Аналогічну властивість має кожна пара основної та додаткової обмоток: 92 та 93, 98 та 99, 104 та 105 і т.д. Заявлений пристрій

від 3 до 12 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі. Такої властивості не має жоден аналог.

У порівнянні з прототипом заявлений пристрій при восьми ключах має вісімнадцять вихідних рівнів напруг, замість 16-ти - у прототипі; у заявленому пристрої втрати у ключах на 25% менші від втрат у прототипі, оскільки у пристрої одночасно у кожній фазі увімкнено три ключі, а не чотири, вказані у прототипі.

Пристрій, показаний на Фіг.2, доцільно застосовувати при умові, якщо середнє значення діапазону вхідних напруг більше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN 50160-94. Якщо середнє значення діапазону вхідних напруг менше номінального значення, доцільно використати варіант заявленого виконання, при якому у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела A1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а затискач лінійної фази приймача A2 з'єднаний із вхідним проміжним виводом 1. При використанні такого виконання встановлена потужність (маса міді та електротехнічної сталі) може бути зменшена на величину від 10% до 90%.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у трифазній мережі у після комутаційний період. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електромеханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за третім незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела A1, B1, C1, 0 (Фіг.3); затискачі лінійних та нульової фаз приймача A2, B2, C2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, обмотки та ключі 136-144 у кожній схемі фази; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола однієї фази пристрою 121, оскільки в інших двох фазах 145 та 146 склад і будова однакові з першою фазою. На Фіг.3 детально зображена схема кола фази A.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134. Додаткові обмотки 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135 розміщені на третьому стрижні (Фіг.3). Розміщення обмоток на різних стрижнях показане методом зміщення зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 123, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте по горизонталі вправо відносно зображення обмотки 122, розміщеної на першому стрижні.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази B, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази C, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.3 не показано).

Обмотки, розміщені на кожному стрижні, поділені на групи. На кожному стрижні розміщені три групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 130, 132, 134. Додатковими обмотками першої групи є 131, 133, 135. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 126 та 128, а до додаткових обмоток другої групи належать 127 та 129. До основних обмоток третьої групи належать основні обмотки 122 та 124, а до додаткових обмоток третьої групи належать обмотки 123 та 125 (Фіг.3).

Ключі у кожній схемі кола фази поділені на групи. До першої групи ключів входять ключі 142-144; до другої групи ключів входять ключі 139-141; до третьої групи ключів входять ключі 136-138. Схеми кіл з'єднання обмоток у фазах B та C подібні до описаної у фазі A.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 126 та додаткової 127 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами, а пара обмоток, яка складається із основної 122 та додаткової 123 обмоток, між собою з'єднана початковими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 127 та 128 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами (початковий вивід обмотки 124 з'єднаний із кінцевим виводом обмотки 122).

Вивід крайньої обмотки 135 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. Вивід крайньої обмотки 129 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи. Вивід крайньої обмотки 125 у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи.

Початковий вивід кожної обмотки позначений значком •.

Кожен ключ, наприклад, 136 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 123, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів третьої групи 136-138.

Вивід додаткової обмотки 135 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою 0, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. У другій та третій групах обмоток вивід додаткової обмотки, наприклад, 129 та 125, приєднаний до першого виводу ключа 141 та 138 відповідно, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів, наприклад, 139-141 та 136-138 відповідно (Фіг.3).

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела A1 приєднаний до вхідного

проміжного виводу 1, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи 136-138, перші виводи яких приєднані по одному до одного виводу обмоток третьої групи 122-125.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 123 третьої групи приєднаний до виводу однієї з обмоток 126 другої групи, виводи обмоток 126, 128, 129 яких через ключі 139-141 другої групи приєднані до спільної точки ключів 139-141 другої групи.

У кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка ключів другої групи 139-141 приєднана до спільної точки ключів першої групи 142-144. Перші виводи ключів 142-144 приєднані по одному до одного виводу основної обмотки першої групи 130, 132, 134.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток, наприклад, 130 першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача А2.

Блок керування 4 приєднаний до затисків лінійних фаз джерела А1, В1, С1 та до керуючих виводів кожного ключа 136-144 у фазі А та до відповідних їм ключів у фазах В та С.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою для стабілізації або регулювання трифазної напруги приймача до живильної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідні для забезпечення потрібної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 137, 140, 143 - у фазі А; у фазах В та С блок керування 4 подає сигнали на ключі, які забезпечують рівень напруги, однаковий з фазою А. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу потрібної величини на затискачі приймача. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється по випадковому закону; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і може вийти за межі допустимих значень. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у трьох групах, кожна з яких утворена трьома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів третьої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з найменшим кроком рівнів. При перемиканні ключів першої та другої груп, як правило, відбувається перемикання одночасно ключів третьої групи, що забезпечує найбільшу кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикань такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключаються ключі у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А приймача відбувається за рахунок

параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою/85 фази А, що забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі дає можливість без перерви живлення фази приймача переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації трьох ключів нового рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключів у фазі А подібна комутація відбувається у фазі В, а потому у фазі С. При знеструмленні фази В по входу живлення фази В приймача відбувається за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі 86.

Регулювання або стабілізація відбувається у трьох групах, кожна з яких утворена трьома групами обмоток та ключів. Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази А (обмотки 130-135). За умови, при якій ключ 144 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг автотрансформатора, а саме:

$$U_{\text{вих}}(144) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{130} + W_{131} + W_{132} + W_{133} + W_{134} + W_{135}) / (W_{134} + W_{135}) \quad (9)$$

що свідчить про максимальне збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною у першій групі регулювання. У виразі (9) позначено: W_{130} - кількість витків обмотки 130. За умови, при якій ключ 143 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(143) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{130} + W_{131} + W_{132} + W_{133} + W_{134} + W_{135}) / (W_{134} + W_{135} + W_{132} + W_{133}) \quad (10)$$

Якщо відкритий ключ 142, вихідна напруга дорівнює вхідній. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг ($Kp1=3$, де $Kp1$ - кількість рівнів, утворених ключами першої групи).

Сумісна дія першої та другої груп забезпечують 9 рівнів:

$$Kp1,2 = Kp1 \cdot Kp2 = 3 \cdot 3 = 9 \quad (11)$$

Сумісна дія першої, другої та третьої груп забезпечують 27 рівнів:

$$Kp1,2,3 = Kp1 \cdot Kp2 \cdot Kp3 = 3 \cdot 3 \cdot 3 = 27 \quad (12)$$

У варіанті, показаному на Фіг.3, максимальний коефіцієнт трансформації має місце при відкритих ключах: 136, 139 та 144 у схемі фази А (Фіг.3) і відповідних їм у фазах В та С

Ефективність і область застосування. Фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі через несиметрію масову нелінійність приймачів дедалі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струмів. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а

також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг перевищують допустимі норми стандартів і викликають збій у роботі електронної апаратури.

Основна мета пристрою - покращення якості електричної енергії споживача та постачальника. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка, кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Таке виконання пристрою перехоплює всі струми нульової послідовності: як основної частоти, так і вищих гармонік. Мета досягається через те, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік при виконанні, яке заявляється, створюють у основних обмотках, наприклад, у 130, 132 та 134 та додаткових обмотках, наприклад, 131, 133 та 135 зустрічні магнітні потоки, які взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності як з боку мережі, так і з боку приймача знижується у десятки разів і практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток приймача. У першому наближенні опір нульової послідовності пристрою можна вважати рівним нулеві. Аналогічну властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 122 та 123. Заявлений пристрій від 3 до 12 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі. Подібної властивості не мають аналоги.

У порівнянні з прототипом заявлений пристрій при восьми ключах має вісімнадцять вихідних рівнів напруг, замість 16-ти - у прототипі; у заявленому пристрої втрати у ключах на 25% менші від втрат у прототипі, оскільки у пристрої одночасно у кожній фазі увімкнено три ключі, а не чотири, вказані у прототипі.

Пристрій, показаний на Фіг.3, доцільно застосовувати при умові, якщо середнє значення діапазону вхідних напруг менше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN 50160-94. Якщо середнє значення діапазону вхідних напруг більше номінального значення, доцільно використати варіант заявленого виконання, при якому у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела A1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а затискач лінійної фази приймача A2 з'єднаний із вхідним проміжним виводом 1. При використанні такого виконання встановлена потужність (маса міді та електротехнічної сталі) може бути зменшена на величину від 10% до 90%.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електромеханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за четвертим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела A1, B1, C1, 0 (Фіг.4); затискачі лінійних та нульової фаз приймача A2, B2, C2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід та ключі 165-173 у кожній схемі фази; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола однієї фази пристрою 150, оскільки в інших двох фазах 174 та 175 склад і будова однакові з першою фазою. На Фіг.4 детально зображена схема кола фази A.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163. Додаткові обмотки 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164 розміщені на третьому стрижні (Фіг.4). Розміщення обмоток на різних стрижнях показано методом змишень зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 152, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте по горизонталі вправо відносно зображення обмотки 151, розміщеної на першому стрижні.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази B, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази C, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.4 не показано).

Обмотки, розміщені на кожному стрижні, поділені на групи. На кожному стрижні розміщені три групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 159, 161, 163. Додатковими обмотками першої групи є 160, 162, 164. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 155 та 157, а до додаткових обмоток другої групи належать 156 та 158. До основних обмоток третьої групи належать основні обмотки 151 та 153, а до додаткових обмоток третьої групи належать обмотки 152 та 154 (Фіг.4).

Ключі у кожній схемі кола фази поділені на групи. Так, наприклад, у схемі кола фази A: до першої групи ключів входять ключі 171-173; до другої групи ключів входять ключі 168-170; до третьої групи ключів входять ключі 165-167. Схеми кіл з'єднання обмоток у фазах B та C подібні до описаної у фазі A.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 151 та додаткової 152 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 166 та 167 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами.

Вивід крайньої обмотки 164 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. Вивід крайньої обмотки 158 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи. Вивід крайньої обмотки 154 у третій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів третьої групи. Початковий вивід кожної обмотки позначений значком •.

Кожен ключ, наприклад, 165 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 151, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів третьої групи 165-167.

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1, який приєднаний до виводу однієї з обмоток 151 третьої групи 151-154, виводи яких через ключі третьої групи 165-167 приєднані до спільної точки з'єднання других виводів ключів третьої групи.

У кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів 165-167 третьої групи приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів 168-170 другої групи, причому перший вивід кожного з ключів 168-170 другої групи приєднаний по одному до одного виводу обмотки другої групи.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 155 другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів 171-173 першої групи.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 159 першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача А2 (Фіг.4).

Блок керування 4 за допомогою кабеля зв'язку 5 приєднаний до затискачів лінійних фаз джерела А1, В1, С1, а також за допомогою кабеля зв'язку 6 приєднаний до керуючих виводів кожного ключа 165-173 у фазі А та аналогічних ключів схем 174 та 175 фаз В та С відповідно.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою для стабілізації або регулювання трифазної напруги приймача до живильної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних напруг, порівнює виміряне із заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідних для забезпечення необхідної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 166, 169, 172-у фазі А; у фазах В та С блок керування 4 подає сигнали на ключі відповідних схем 174 та 175, які забезпечують рівень фазних напруг цих фаз, однаковий з фазою А. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу необхідної величини на затискачі приймача. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється за випадковим законом; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і може вийти за межі допустимих значень.

Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у трьох групах, кожна з яких утворена трьома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів третьої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з найменшим кроком рівнів. При перемиканні ключів першої та другої груп, як правило, відбувається перемикання одночасно ключів третьої групи, що забезпечує найбільшу кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикань такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключаються ключі у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А приймача відтворюється за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази А, що забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі дає можливість без перерви живлення фази приймача переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації трьох ключів нового рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключів у фазі А приймач живиться від напруг фаз В та С перед комутаційного рівню та напруги фази А після комутаційного рівню. Після цього подібна комутація відбувається у фазі В, а потім у фазі С. так реалізується переключення регулятора на новий рівень напруг.

Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази А (обмотки 159-164). За умови, при якій ключ 173 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг автотрансформатора, а саме:

$$U_{\text{вих}}(173) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{159} + W_{160} + W_{161} + W_{162} + W_{163} + W_{164}) / (W_{163} + W_{164}) \quad (13)$$

Згідно (13) при цьому має місце максимальне збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною у першій групі регулювання. У виразі (13) позначено: W_{159} - кількість витків обмотки 159.

За умови, при якій ключ 172 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(172) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{159} + W_{160} + W_{161} + W_{162} + W_{163} + W_{164}) / (W_{161} + W_{162} + W_{163} + W_{164}) \quad (14)$$

Якщо відкритий ключ 171, вихідна напруга дорівнює вхідній. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг ($K_{p1}=3$, де K_{p1} - кількість рівнів, утворених ключами першої групи).

Сумісна дія першої та другої груп забезпечують 9 рівнів:

$$K_{p1,2} = K_{p1} \cdot K_{p2} = 3 \cdot 3 = 9 \quad (15)$$

Сумісна дія першої, другої та третьої груп забезпечують 27 рівнів:

$$Kp1,2,3=Kp1 \cdot Kp2 \cdot Kp3=3 \cdot 3 \cdot 3=27 \quad (16)$$

У варіанті, показаному на Фіг.4, максимальний коефіцієнт трансформації має місце при відкритих ключах: 165, 170 та 173 у схемі фази А (Фіг.4).

Ефективність і область застосування. Фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі через несиметрію та масову нелінійність приймачів дедалі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струмів. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг перевищують допустимі норми стандартів і викликають збій у роботі електронної апаратури.

Основна мета пристрою - покращення якості електричної енергії споживача та постачальника. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка, кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними выводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Таке виконання пристрою перехоплює всі струми нульової послідовності: як основної частоти, так і вищих гармонік. Мета досягається через те, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік створюють у основних обмотках, наприклад, у 159, 161, 163 та додаткових обмотках, наприклад, 160, 162 та 164 зустрічні магнітні потоки, які взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності знижується у десятки разів. А при виконанні тісного магнітного зв'язку цей опір практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток приймача. Тісний магнітний зв'язок передбачає конструкцію виконання котушки магнітопроводу, при якій провідники основної обмотки оточені провідниками додаткової обмотки. У першому наближенні опір нульової послідовності пристрою можна вважати рівним нулеві. Таку властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 151 та 152. Заявлений пристрій від 3 до 12 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі.

У порівнянні з прототипом заявлений пристрій при восьми ключах має вісімнадцять вихідних рівнів напруг, замість шістнадцяти - у прототипі; у заявленому пристрої втрати у ключах на 25% менші від втрат у ключах прототипу, оскільки у пристрої одночасно у кожній фазі увімкнено три ключі, а не чотири, вказані у прототипі.

Пристрій, показаний на Фіг.4, доцільно застосовувати при умові, якщо середнє значення діапазону вхідних напруг менше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN 50160-94. Якщо середнє значення діапазо-

ну вхідних напруг більше номінального значення, доцільно використати варіант заявленого виконання, при якому у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а затискач лінійної фази приймача А2 з'єднаний із вхідним проміжним виводом 1. При такому виконанні встановлена потужність (маса міді та електротехнічної сталі) може бути зменшена на величину від 10% до 90%.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електро механічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за п'ятим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела А1, В1, С1, 0 (Фіг.5); затискачі лінійних та нульової фаз приймача А2, В2, С2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, обмотки та ключі 177-182 у кожній схемі фази 176, 193, 194; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола однієї фази пристрою 176, оскільки в інших схемах фаз 193 та 194 склад і будова однакові зі схемою першої фази. На Фіг.5 детально зображена схема кола фази А.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 183, 185, 187, 189, 191. Додаткові обмотки 184, 186, 188, 190, 192 розміщені на третьому стрижні. Розміщення обмоток на різних стрижнях показане методом зміщень зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 184, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте вправо по горизонталі відносно зображення обмотки 183, розміщеної на першому стрижні.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази С, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.5 не показано).

Обмотки, розміщені на кожному стрижні, поділені на групи. На кожному стрижні розміщені дві групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 187, 189, 191. Додатковими обмотками першої групи є 188, 190, 192. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 183 та 185, а до додаткових обмоток другої групи належать 184 та 186.

Ключі у кожній схемі кола фази поділені також на дві групи. Так, наприклад, у схемі кола фази А: до першої групи ключів входять ключі 180-182; до

другої групи ключів входять ключі 177-179. Схеми кіл з'єднання обмоток у фазах В та С подібні до описаної у фазі А.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 185 та додаткової 186 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами, а пара обмоток, яка складається із основної 183 та додаткової 184 обмоток, між собою з'єднана початковими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 188 та 189 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами (початковий вивід обмотки 185 з'єднаний із кінцевим виводом обмотки 183).

Вивід крайньої обмотки 192 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. Вивід крайньої обмотки 186 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа другої групи, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи. Початковий вивід кожної обмотки позначений значком •.

Кожен ключ, наприклад, 177 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 184, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів другої групи 177-179.

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів 177-179 другої групи, перші виводи яких приєднані по одному до одного виводу обмоток 183-186 другої групи,

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 184 другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів 180-182 першої групи, першими виводами приєднаних по одному до одного виводу обмотки першої групи.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 187 першої групи приєднаний до вхідного проміжного виводу 85, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача А2 (Фіг.5).

Блок керування 4 приєднаний за допомогою кабелів зв'язку 5 до затискачів лінійних фаз джерела А1, В1, С1, а за допомогою кабелів зв'язку 6 з'єднаний з керуючими виводами кожного ключа 177-182.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою для стабілізації або регулювання трифазної напруги приймача до живильної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідні для забезпечення потрібної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 178 та 181 - у фазі А; у фазах В та С блок керування 4 подає сигнали на ключі, які забезпечують рівень напруги, однаковий з фазою

А. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу необхідної величини на затискачі приймача А2, В2, С2 приймача. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється по випадковому закону; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і може вийти за межі допустимих значень. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у двох групах, кожна з яких утворена двома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів другої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з меншим кроком рівнів, ніж при перемиканні ключів першої групи. При одночасному перемиканні ключів першої та другої груп забезпечується найбільша кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикань такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключається ключі у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А приймача здійснюється від пристрою за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази А. Це забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі А дає можливість без перерви живлення фази приймача переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації трьох ключів нового рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключів у фазі А подібна комутація відбувається у фазі В, а потім у фазі С.

Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази А (обмотки 187-192). За умови, при якій ключ 182 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг обмоток 191 та 192, з одного боку, та обмоток 187-192, з другого, а саме:

$$U_{\text{вих}}(182) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{187} + W_{188} + W_{189} + W_{190} + W_{191} + W_{192}) / (W_{191} + W_{192}) \quad (17)$$

Менший знаменник (17) свідчить про максимальне збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною у першій групі регулювання. У виразі (17) позначено: W_{187} - кількість витків обмотки 187. За умови, при якій ключ 181 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(181) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{187} + W_{188} + W_{189} + W_{190} + W_{191} + W_{192}) / (W_{189} + W_{190} + W_{191} + W_{192}) \quad (18)$$

Якщо відкритий ключ 180, вихідна напруга дорівнює вхідній. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг ($K_{p1}=3$), де K_{p1} - кількість рівнів, утворених ключами першої групи.

Сумісна дія першої та другої груп забезпечують 9 рівнів:

У варіанті, показаному на Фіг.5, максимальний коефіцієнт трансформації має місце при відкритих ключах: 179 та 182 у схемі фази А (Фіг.5).

Ефективність і область застосування. Фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі через несиметрію та масову нелінійність приймача дедалі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струмів. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг перевищують допустимі норми стандартів і викликають збій у роботі електронної апаратури приймачів.

Основна мета пристрою - покращення якості електричної енергії споживача та постачальника. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка. Кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Мета досягається тим, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік створюють у основних обмотках, наприклад, у 187, 189, 191 та додаткових обмотках, наприклад, 188, 190 та 192 зустрічні магнітні потоки, які взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності пристрою знижується у десятки разів. А при виконанні тісного магнітного зв'язку цей опір практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток пристрою. Тісний магнітний зв'язок передбачає конструкцію виконання котушки магнітопроводу, при якому провідник основної обмотки оточений провідниками додаткової обмотки і навпаки. При тісному магнітному зв'язку опір нульової послідовності пристрою у першому наближенні можна вважати рівним нулеві. Таку властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 183 та 184. Заявлений пристрій від 3 до 12 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі.

Пристрій, показаний на Фіг.5, доцільно застосовувати при умові, якщо середнє значення діапазону вхідних напруг значно (до 40%) менше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN 50160-94. Якщо середнє значення діапазону вхідних напруг більше номінального значення, доцільно використати варіант заявленого виконання, при якому у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а затискач лінійної фази приймача А2 з'єднаний із вхідним проміжним виводом 1. При такому виконанні встановлена потужність (маса

міді та електротехнічної сталі) може бути зменшена на величину від 10% до 100%.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електро cơханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодіючих яких не менше 0,2с.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за шостим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фази джерела А1, В1, С1, 0 (Фіг.6); затискачі лінійних та нульової фази приймача А2, В2, С2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, обмотки та ключі 196-201 у кожній схемі фази; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола однієї фази пристрою 195, оскільки в інших двох фазах 212 та 213 склад і будова однакові з першою фазою. На Фіг.6 детально зображена схема кола фази А.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 202, 204, 206, 208, 210. Додаткові обмотки 203, 205, 207, 209, 211 розміщені на третьому стрижні (Фіг.6). Розміщення обмоток на різних стрижнях показано методом зміщення зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 203, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте по горизонталі вправо відносно зображення обмотки 202, розміщеної на першому стрижні.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази С, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.6 не показано).

Обмотки, розміщені на кожному стрижні, поділені на групи. На кожному стрижні розміщені дві групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 206, 208, 210. Додатковими обмотками першої групи є 207, 209, 211. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 202 та 204, а до додаткових обмоток другої групи належать 203 та 205 (Фіг.6).

Ключі у кожній схемі кола фази поділені також на дві групи. Так, наприклад, у схемі кола фази А: до першої групи ключів входять ключі 199-201; до другої групи ключів входять ключі 196-198. Схеми кіл з'єднання обмоток у фазах В та С подібні до описаної у фазі А.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 204 та додаткової 205 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами, а пара обмоток, яка склада-

ється із основної 202 та додаткової 203 обмоток, між собою з'єднана початковими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 207 та 208 з'єднані початковими виводами), так і різноименними виводами (початковий вивід обмотки 204 з'єднаний із кінцевим виводом обмотки 202).

Вивід крайньої обмотки 211 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. Вивід крайньої обмотки 205 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи.

Початковий вивід кожної обмотки позначений значком •.

Кожен ключ, наприклад, 196 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 203, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів другої групи 196-198.

Вивід однієї крайньої обмотки 211 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою 0, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. У другій групі обмоток вивід однієї крайньої обмотки, наприклад, 205 приєднаний до першого виводу ключа 198, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів, наприклад, 196-198 (Фіг.6).

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1, який приєднаний до виводу однієї з обмоток 203 другої групи, виводи яких через ключі 196-198 другої групи приєднані до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи 196-198.

У кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи 196-198 приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи 199-201, перші виводи ключів першої групи 199-201 приєднані по одному до одного першого виводу обмоток першої групи 206-211.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 206 першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, який з'єднаний із затискачем лінійної фази приймача А2 (Фіг.6).

Блок керування 4 з'єднаний із затискачами лінійних фаз джерела А1, В1, С1 за допомогою кабелю зв'язку 5, а кабелем зв'язку 6 приєднаний до керуючих виводів кожного ключа 196-201 схеми фази А та схем фаз 212 та 213 відповідно.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою до трифазної напруги на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних або лінійних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідні для забезпечення потрібної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 197, 200 - у фазі А; у фазах В та С блок керування 4 подає сигнали на ключі, які забезпечують рівень напруги, однаковий з фазою

А. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу необхідної величини на затискачі приймача А2, В2, С2 приймача. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється за випадковим законом; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і може вийти за межі допустимих значень. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у двох групах, кожна з яких утворена двома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів другої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з меншим кроком рівнів, ніж при перемиканні ключів першої групи. При одночасному перемиканні ключів першої та другої груп забезпечується найбільша кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикання ключів такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключаються ключі у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А2 приймача здійснюється від пристрою за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази А. Це забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі А дає можливість без перерви жити фази приймача і переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації двох ключів нового рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключів у фазі А подібна комутація відбувається у фазі В, а потім у фазі С.

Регулювання або стабілізація відбувається у двох групах, кожна з яких утворена однією групою обмоток та ключів. Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази А (обмотки 206-211). За умови, при якій ключ 201 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг обмоток, а саме:

$$U_{\text{вих}}(201) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{206} + W_{207} + W_{208} + W_{209} + W_{210} + W_{211}) / (W_{210} + W_{211}) \quad (20)$$

Вираз (20) свідчить про істотне збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною у першій групі регулювання. У виразі (20) позначено: W_{206} - кількість витків обмотки 206. За умови, при якій ключ 200 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(200) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{206} + W_{207} + W_{208} + W_{209} + W_{210} + W_{211}) / (W_{208} + W_{209} + W_{210} + W_{211}) \quad (21)$$

Якщо відкритий ключ 199, вихідна напруга дорівнює вхідній. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг ($K_{p1}=3$, де K_{p1} - кількість рівнів, утворених ключами першої групи).

Сумісна дія першої та другої груп забезпечує 9 рівнів:

$$Kp_{1,2}=Kp_1 \cdot Kp_2=3 \cdot 3=9 \quad (22)$$

У варіанті, показаному на Фіг.6, максимальний коефіцієнт трансформації має місце при відкритих ключах: 196 та 201 у схемі фази А (Фіг.6).

Ефективність і область застосування.

Через масові застосування несиметричних та нелінійних приймачів фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струмів. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг викликають збій у роботі електронної апаратури приймачів.

Основна мета пристрою - покращення якості електричної енергії споживача та постачальника. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка. Кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Мета досягається тим, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік протікають в основних обмотках, наприклад, у 206, 208, 210 та у додаткових обмотках, наприклад, 207, 209 та 211. Магнітні потоки, які наводяться в основних та додаткових обмоток, направлені назустріч і взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності знижується у десятки разів. А при виконанні тісного магнітного зв'язку цей опір практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток пристрою. Тісний магнітний зв'язок передбачає конструкцію виконання котушки, при якій провідник основної обмотки оточений провідниками додаткової обмотки і навпаки. При тісному магнітному зв'язку опір нульової послідовності пристрою у першому наближенні можна вважати рівним нулеві. Таку властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 202 та 203. Заявлений пристрій від 3 до 12 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі. Такої властивості не мають ні вказані аналоги, ні прототип.

Пристрій, показаний на Фіг.6, доцільно застосовувати при умові, якщо середнє значення діапазону вхідних напруг менше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN 50160-94. Якщо середнє значення діапазону вхідних напруг більше номінального значення, доцільно використати варіант заявленого виконання, при якому у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а затискач лінійної фази приймача А2 з'єднаний із вхідним проміжним виводом 1. При такому вико-

нанні встановлена потужність (маса міді та електротехнічної сталі) може бути зменшена на величину від 10% до 90%.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електромеханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за сьомим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела А1, В1, С1, 0 (Фіг.7); затискачі лінійних та нульової фаз приймача А2, В2, С2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, обмотки та ключі 215-217 у кожній схемі фази; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола однієї фази 214 пристрою, оскільки в інших двох фазах 224 та 225 склад і будова однакові з першою фазою. На Фіг.7 детально зображена схема кола фази А.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 218, 220, 222. Додаткові обмотки 219, 221, 223 розміщені на третьому стрижні (Фіг.7). Розміщення обмоток на різних стрижнях показане методом зміщень зображень обмоток по горизонталі.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази С, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.7 не показано).

Групу обмоток 219-223 обслуговує група ключів 215-217.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднана послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 220 та додаткової 221 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами, а пара обмоток, яка складається із основної 218 та додаткової 219 обмоток, між собою з'єднана початковими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 221 та 222 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами (початковий вивід обмотки 220 з'єднаний із кінцевим виводом обмотки 218).

Вивід крайньої обмотки 223 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача.

Початковий вивід кожної обмотки позначений значком ●.

Кожен ключ, наприклад, 215 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 219, а

другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів 215-217 групи.

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів 215-217, кожен перший вивід яких приєднаний по одному до одного виводу однієї основної обмотки.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 219 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, який приєднаний до затискача лінійної фази приймача А2 (Фіг.7).

Блок керування 4 з'єднаний із затискачами лінійних фаз джерела А1, В1, С1 за допомогою кабеля зв'язку 5, а з керуючими виводами кожного ключа 215-217 за допомогою кабеля зв'язку 6.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою до живильної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних або лінійних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідних для забезпечення необхідної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраного ключа, наприклад, 216-у фазі А; у фазах В та С блок керування 4 подає сигнали на ключі, які забезпечують рівень напруги, однаковий з фазою А. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу необхідної величини на затискачі приймача А2, В2, С2. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється за випадковим законом; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і вона може вийти за межі допустимих значень. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає нову комбінацію ключів, необхідну для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у одній групі обмоток та ключів. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикання ключів такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключається ключ у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А2 приймача здійснюється від пристрою за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази А. Це забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі А дає можливість без перерви живити фази приймача переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступного ключа нового рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключа у фазі А подібна комутація відбувається у фазі В, а потім - у фазі С.

Розглянемо регулювання вихідної напруги. За умови, при якій ключ 217 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг у обмотках, а саме:

$$U_{\text{вих}}(217) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{218} + W_{219} + W_{220} + W_{221} + W_{222} + W_{223}) / (W_{222} + W_{223}) \quad (23)$$

що свідчить про максимальне, збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною. У виразі (23) позначено: W_{218} - кількість витків обмотки 218.

За умови, при якій ключ 216 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(216) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{218} + W_{219} + W_{220} + W_{221} + W_{222} + W_{223}) / (W_{220} + W_{221} + W_{222} + W_{223}) \quad (24)$$

Якщо відкритий ключ 215, вихідна напруга дорівнює вхідній. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг.

Ефективність і область застосування.

Через масові застосування несиметричних та нелінійних приймачів фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струмів. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг викликають збій у роботі електронної апаратури приймачів.

Основна мета пристрою - покращення якості електричної енергії приймача та джерела. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка. Кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Вказана мета пристрою досягається тим, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік протікають в основних обмотках, наприклад, у 218, 220, 222 та у додаткових обмотках, наприклад, 219, 221 та 223. Магнітні потоки, які наводяться в основних та додаткових обмотках, направлені назустріч і взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності знижується у десятки разів. А при виконанні тісного магнітного зв'язку цей опір практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток пристрою. Тісний магнітний зв'язок передбачає конструкцію виконання котушки, при якій провідник основної обмотки оточений провідниками додаткової обмотки і навпаки. При тісному магнітному зв'язку опір нульової послідовності пристрою можна вважати рівним нулеві. Таку властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 218 та 219. Заявлений пристрій від 3 до 12 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі.

Пристрій, показаний на Фіг.7, доцільно застосовувати при умові, якщо середнє значення діапазону вхідних напруг менше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97

або EN 50160-94. Якщо середнє значення діапазону вхідних напруг більше номінального значення, доцільно використати варіант заявленого виконання, при якому у кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела A1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а затискач лінійної фази приймача A2 з'єднаний із вхідним проміжним виводом 1. При такому виконанні встановлена потужність (маса міді та електротехнічної сталі) може бути зменшена на величину від 10% до 90%.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електромеханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Один із пристроїв цього варіанту виготовлений на потужність 630 кВА і показав задовільні результати при експлуатації.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за восьмим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела A1, B1, C1, O1 (Фіг.8); затискачі лінійних та нульової фаз приймача A2, B2, C2, O2; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, обмотки та ключі 227-232 у кожній схемі фази; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола 226 однієї фази пристрою, оскільки в інших двох фазах склад і будова схем 245 та 246 однакові з першою фазою. На Фіг.8 детально зображено схему кола 226 фази A.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 233, 235, 237, 239, 241. Додаткові обмотки 234, 236, 238, 240, 242 розміщені на третьому стрижні. Розміщення обмоток на різних стрижнях показано методом зміщень зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 234, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте по горизонталі вправо відносно зображення обмотки 233, розміщеної на першому стрижні.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази B, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази C, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.8 не показано).

Обмотки, розміщені на кожному стрижні, поділені на групи. На кожному стрижні розміщені дві групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 237, 239, 241. Додатковими обмотками першої групи є 238, 240, 242. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 233 та 235, а до додаткових обмоток другої групи належать 234 та 236 (Фіг.8).

Ключі у кожній схемі кола фази поділені також на дві групи. Так, наприклад, у схемі кола фази A: до першої групи ключів входять ключі 230-232; до другої групи ключів входять ключі 227-229. Схеми кіл 245 та 246 з'єднання обмоток у фазах B та C подібні до описаної 226 у фазі A.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднані послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 233 та додаткової 234 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 234 та 235 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами.

Вивід крайньої обмотки 242 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела. Вивід крайньої обмотки 236 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи.

Кожен ключ, наприклад, 227 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 233, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів другої групи 127-129 (Фіг.8).

До пристрою додані шість допоміжних обмоток, серед яких три, які відносяться до основних обмоток, і три, які відносяться до додаткових обмоток. Кожна схема 226, 245 та 246 фази пристрою містить одну основну допоміжну обмотку 243 та одну додаткову допоміжну обмотку 244.

Допоміжні обмотки 243 та 244 у кожній схемі кола з'єднані між собою однойменними виводами, при чому основна допоміжна обмотка розміщена на одному, наприклад, першому стрижні магнітопроводу, а додаткова допоміжна обмотка розміщена на іншому стрижні, наприклад, третьому. З'єднання допоміжних обмоток утворюють вторинні обмотки, гальванічно не зв'язані із затискачами джерела. Додані шість допоміжних обмоток включені між собою за схемою зиг'заг, або за λ-подібною схемою.

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач джерела A1 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1, який приєднаний до спільної, точки з'єднання других виводів ключів 227-229 другої групи, кожен перший вивід яких приєднаний по одному до одного виводу обмоток 233-236 другої групи.

У кожній схемі однієї фази пристрою вивід однієї з обмоток 233 другої групи приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів 230-232 першої групи, кожен перший вивід яких приєднаний по одному до одного виводу обмоток 237-241 першої групи.

Виводи послідовних з'єднань допоміжних обмоток 243-244 між собою з'єднані у зірку за схемою зиг'заг або λ-подібною схемою, середня точка з'єднання допоміжних обмоток приєднана до нульової фази приймача, а виводи променів зірки приєднані до вихідних проміжних виводів 85,86,87, які з'єднані із затискачами лінійних фаз приймача A2, B2, C2 (Фіг.8).

Блок керування 4 приєднаний з допомогою кабелю зв'язку 5 до затискачів лінійних фаз джерела A1, B1, C1, а також з допомогою кабелю зв'язку 6

з'єднаний з керуючими виводами кожного ключа 227-232 у фазі А та з відповідними ключами схеми 245 та 246 фаз В та С відповідно (Фіг.8).

Робота пристрою. Після приєднання пристрою для стабілізації або регулювання трифазної напруги приймача до трифазної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідні для забезпечення приписаної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 228 та 231 - у фазі А та відповідні ключі у схемах 245 та 246 фази В та С відповідно. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану напругу необхідної величини на затискачі А2, В2, С2 приймача. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється за випадковим законом; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і вона може вийти за межі допустимих значень. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає при необхідності нову комбінацію ключів, потрібних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у двох групах, кожна з яких утворена двома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів другої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з меншим кроком рівнів, ніж при перемиканні ключів першої групи. При одночасному перемиканні ключів першої та другої груп забезпечується найбільша кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикань такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключається ключі у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А приймача здійснюється від пристрою за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази А. Це забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі А дає можливість без перерви живлення фази приймача переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації двох ключів вищого рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключів у фазі А подібні комутації повторюються у фазі В, а потому - у фазі С.

Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази А (обмотки 237-242). За умови, при якій ключ 232 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг обмоток 241-242, з одного боку, та обмоток 237-242, з другого, а саме:

$$U_{\text{вих}}(232) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{237} + W_{238} + W_{239} + W_{240} + W_{241} + W_{242}) / (W_{241} + W_{242}) \quad (25)$$

У виразі (25) позначено: W_{237} - кількість витків обмотки 237. За умови, при якій ключ 231 відкритий, вихідна напруга визначається виразом (26):

$$U_{\text{вих}}(231) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{237} + W_{238} + W_{239} + W_{240} + W_{241} + W_{242}) / (W_{239} + W_{240} + W_{241} + W_{242}) \quad (26)$$

Якщо відкритий ключ 230, вихідна напруга дорівнює вхідній (при рівності кількості витків обмоток 237-242 та 243-244. Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг ($Kp1=3$, де $Kp1$ - кількість рівнів, утворених ключами першої групи).

Сумісна дія першої та другої груп забезпечують 9 рівнів:

$$Kp1,2 = Kp1 \cdot Kp2 = 3 \cdot 3 = 9 \quad (27)$$

Ефективність і область застосування. Фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі через несиметрію та масову нелінійність приймачів дедалі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струму. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг викликають збій у роботі електронної апаратури приймачів.

Мета пристрою - покращення якості електричної енергії приймача та джерела. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка. Кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Мета досягається тим, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік створюють у основних обмотках, наприклад, у 237, 239, 241 та додаткових обмотках, наприклад, 238, 240 та 242 зустрічні магнітні потоки, які взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності знижується у десятки разів. А при виконанні тісного магнітного зв'язку цей опір практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток пристрою. Тісний магнітний зв'язок передбачає конструкцію виконання котушки магнітопроводу, при якому провідники основної обмотки оточені провідниками додаткової обмотки і навпаки. При тісному магнітному зв'язку опір нульової послідовності пристрою при першому наближенні можна вважати рівним нулеві. Таку властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 233 та 234, 243 та 244.

Пристрій зменшує симетричні складові струмів та напруг нульової послідовності джерела та приймача. Струми нульової послідовності приймача переймаються шістьма допоміжними обмотками, дві з яких 243 та 244 показані у схемі 226 фази А. Струми нульової послідовності джерела переймаються основними та додатковими обмотками, з яких 233-242 показані у схемі фази А.

Заявлений пристрій від 3 до 20 раз зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електромеханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Описаний варіант виконання гальванічної розв'язки джерела та приймача дозволяє зекономити до 27% міді та сталі. Варіанти виконання пристрою за Фіг.8 мають гальванічну розв'язку, яка полегшує подавлення високочастотної складової спектру гармонік напруг у діапазоні 10кГц-1000МГц.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за дев'ятим незалежним пунктом формули групи винаходів. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела А1, В1, С1, О1 (Фіг.9); затискачі лінійних та нульової фаз приймача А2, В2, С2, О2; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, основні та додаткові обмотки, а також ключі 248-253 у кожній схемі фази; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола 247 однієї фази А пристрою, оскільки в інших двох фазах В та С склад і будова схем 266 та 267 однакові з першою фазою. На Фіг.9 детально зображена схема кола фази А.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки 254, 256, 258, 260, 262. Додаткові обмотки 255, 257, 259, 261, 263 розміщені на третьому стрижні (Фіг.9). Розміщення обмоток на різних стрижнях показане методом зміщень зображень обмоток по горизонталі. Так, зображення обмотки 255, розміщеної на третьому стрижні, зсунуте по горизонталі вправо відносно зображення обмотки 254, розміщеної на першому стрижні.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази С, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.9 не показано).

Обмотки, розміщені на кожному стрижні, поділені на групи. На кожному стрижні розміщені дві групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 258, 260, 262. Додатковими обмотками першої групи є 259, 261, 263. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 254 та 256, а до додаткових обмоток другої групи належать 255 та 257 (Фіг.9).

Ключі у кожній схемі кола фази поділені також на дві групи. Так, наприклад, у схемі кола фази

247: до першої групи ключів входять ключі 251-253; до другої групи ключів входять ключі 248-250. Схеми кіл 266 та 267 з'єднання обмоток у фазах В та С відповідно подібні до схеми 247, описаної у фазі А.

До пристрою додані шість допоміжних обмоток, серед яких три допоміжні обмотки відносяться до основних і три допоміжні обмотки відносяться до додаткових обмоток. Кожна схема 247, 266 та 267 фази пристрою містить одну основну допоміжну обмотку 264 та одну додаткову допоміжну обмотку 265. Допоміжні обмотки 264 та 265 у кожній схемі кола з'єднані між собою однойменними виводами, причому основна допоміжна обмотка 264 розміщена на одному стрижні магнітопроводу, а додаткова допоміжна обмотка 265 розміщена на іншому стрижні. З'єднання допоміжних обмоток утворюють вторинні обмотки, гальванічно не зв'язані із затискачами джерела. Додані шість допоміжних обмоток включені між собою за схемою зигзаг, або за λ-подібною схемою.

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднані послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 254 та додаткової 255 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами. Між собою пари з'єднані як однойменними виводами (обмотки 255 та 256 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами (на Фіг.9 не показано).

Вивід крайньої обмотки 263 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела. Вивід крайньої обмотки 257 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи.

Початковий вивід кожної обмотки позначений значком ●.

Кожен ключ, наприклад, 248 першим виводом приєднаний до виводу обмотки, наприклад, 254, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання ключів другої групи 248-250 (Фіг.9).

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1, який приєднаний до виводу однієї з обмоток 254 другої групи, виводи обмоток другої групи приєднані по одному до одного першого виводу ключів 248-250 другої групи, другі виводи ключів другої групи приєднані до спільної точки з'єднання других виводів ключів другої групи 248-250.

У кожній схемі однієї фази пристрою спільна точка з'єднання других виводів ключів другої групи 248-250 приєднана до спільної точки з'єднання других виводів ключів першої групи 251-253, перші виводи ключів першої групи 251-253 приєднані по одному до одного виводу обмоток першої групи 258, 260, 262.

Виводи послідовних з'єднань допоміжних обмоток 264-265 між собою з'єднані у зірку за схемою зигзаг або λ-подібною схемою, середня точка з'єднання допоміжних обмоток приєднана до нульової фази приймача, а виводи променів зірки приєднані до вихідних проміжних виводів 85, 86,

87, які з'єднані із затискачами лінійних фаз приймача A2, B2, C2 (Фіг.9).

Блок керування 4 приєднаний з допомогою кабелю зв'язку 5 до затискачів лінійних фаз джерела A1, B1, C1, а з допомогою кабелю зв'язку 6 з'єднаний з керуючими виводами кожного ключа 248-250 у схемі фази A, а також із відповідними ключами схеми B та C.

Робота пристрою. Після приєднання пристрою до трифазної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела та вхідними проміжними виводами. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних або лінійних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідних для забезпечення приписаної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 249 та 252 - у фазі A та відповідних ключів у схемах 266 та 267 фаз B та C відповідно. Вказані ключі відкриваються і подають трансформовану гальванічно розв'язану напругу потрібної величини на затискачі приймача A2, B2, C2. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється за випадковим законом; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і може вийти за межі допустимих значень. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Регулювання або стабілізація відбувається у двох групах, кожна з яких утворена двома групами обмоток та ключів. При перемиканні ключів другої групи змінюється, як правило, вихідна напруга пристрою з меншим кроком рівнів, ніж при перемиканні ключів першої групи. При одночасному перемиканні ключів першої та другої груп забезпечується найбільша кількість рівнів вихідної напруги. Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикання ключів такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключається ключі у фазі A; після знеструмлення фази A з боку джерела живлення фази A2 приймача здійснюється від пристрою за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази A. Це забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі A дає можливість без перерви жити фази приймача і переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази A блок керування подає команду на ввімкнення наступної комбінації двох ключів нового рівню напруг у фазі A. Після завершення комутації ключів у фазі A відновлюється живлення від джерела трьома фазами. Подібна комутація відбувається послідовно: у фазі A, далі - у фазі B, а потім - у фазі C.

Розглянемо регулювання вихідної напруги у першій групі фази A (обмотки 258-263). За умови, при якій ключ 253 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг обмоток, а саме:

$$U_{вих}(253) = U_{вх} \cdot (W_{258} + W_{259} + W_{260} + W_{261} + W_{262} + W_{263}) / (W_{262} + W_{263}) \quad (28)$$

Вираз (28) свідчить про збільшення вихідної напруги порівняно із вхідною у першій групі регулювання. У виразі (28) позначено: W_{258} - кількість витків обмотки 258. За умови, при якій ключ 252 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{вих}(252) = U_{вх} \cdot (W_{258} + W_{259} + W_{260} + W_{261} + W_{262} + W_{263}) / (W_{260} + W_{261} + W_{262} + W_{263}) \quad (29)$$

Якщо відкритий ключ 251, вихідна напруга дорівнює вхідній (при рівності витків обмоток 258-263 та 264-265). Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг ($K_{p1}=3$, де K_{p1} - кількість рівнів, утворених ключами першої групи).

Сумісна дія першої та другої груп забезпечує 9 рівнів:

$$K_{p1,2} = p_1 \cdot K_{p2} = 3 \cdot 3 = 9 \quad (30)$$

Ефективність і область застосування.

Через масові застосування несиметричних та нелінійних приймачів фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільчої мережі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струму. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг викликають збій у роботі електронної апаратури приймачів.

Мета пристрою - покращення якості електричної енергії споживача та постачальника. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка. Кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<11,6%). Мета досягається тим, що струми нульової послідовності основної та вищих гармонік протікають в основних обмотках, наприклад, у 258, 260, 262 та у додаткових обмотках, наприклад, 259, 261 та 263. Магнітні потоки, які наводяться в основних та додаткових обмотках, направлені назустріч і взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності знижується у десятки разів. А при виконанні тісного магнітного зв'язку цей опір практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток пристрою. Тісний магнітний зв'язок передбачає конструкцію виконання котушки, при якому провідник основної обмотки оточений провідниками додаткової обмотки і навпаки. При тісному магнітному зв'язку опір нульової послідовності пристрою можна вважати рівним нулеві. Таку властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 258 та 259. Заявлений пристрій від 3 до 12 раз зменшує струми та

напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі. При цьому обмотки 254-263 перехоплюють нульові послідовності напруг та струмів живильної мережі, а обмотки 264-265 - перехоплюють нульові послідовності напруг та струмів приймача.

Пристрій, показаний на Фіг.9, доцільно застосовувати при умові, коли середнє значення діапазону вхідних напруг менше або більше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN 50160-94.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у після комутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електромеханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Описаний варіант виконання гальванічної розв'язки джерела та приймача дозволяє зекономити до 27% міді та сталі. Варіанти виконання пристрою за Фіг.9 мають гальванічну розв'язку, яка значно полегшує подавлення несиметричної завади у високочастотному діапазоні 10кГц-1000МГц.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Склад, будова, робота і ефективність пристрою за десятиєм незалежним пунктом формули винаходу. Пристрій містить: затискачі лінійних та нульової фаз джерела A1, B1, C1, 01 (Фіг.10); затискачі лінійних та нульової фаз приймача A2, B2, C2, 02; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, основні та додаткові обмотки та ключі 269-271 у кожній схемі фази; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6.

Пристрій має пофазносиметричне виконання. Тому достатньо розглянути склад і будову схеми кола 268 однієї фази А пристрою, оскільки схеми 280 та 281 у фазах В та С ідентичні за виконанням до 268. На Фіг.10 детально зображена схема кола фази А.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на третьому стрижні (Фіг.10). Розміщення обмоток на різних стрижнях показано методом зміщення зображень обмоток по горизонталі.

На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази С, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.10 не показано).

У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднані послідовно однойменними виводами. Так, пара обмоток, яка складається із основної 272 та додаткової 273 обмоток, між собою з'єднана кінцевими виводами. Між собою пари з'єднані як од-

нойменними виводами (обмотки 273 та 274 з'єднані початковими виводами), так і різнойменними виводами (на Фіг.10 не показано).

Вивід крайньої обмотки 277 у групі послідовно з'єднаних обмоток приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела.

Початковий вивід кожної обмотки позначений значком ●.

До пристрою додані шість допоміжних обмоток, серед яких три допоміжні обмотки відносяться до основних і три допоміжні обмотки відносяться до додаткових обмоток. Кожна схема 268, 280 та 281 фази пристрою містить одну основну допоміжну обмотку 278 та одну додаткову допоміжну обмотку 279.

Допоміжні обмотки 278 та 279 у кожній схемі кола з'єднані між собою однойменними виводами, причому основна допоміжна обмотка 278 розміщена на одному стрижні магнітопроводу, а додаткова допоміжна обмотка 279 розміщена на іншому стрижні. З'єднання допоміжних обмоток утворюють вторинні обмотки, гальванічно не зв'язані із затискачами джерела. Додані шість допоміжних обмоток включені між собою за схемою зиг'заг, або за λ-подібною схемою.

Кожен ключ, наприклад, 269 першим виводом приєднаний до виводу основної обмотки, наприклад, 272, а другим виводом приєднаний до спільної точки ключів групи, наприклад, точки з'єднання групи ключів 269-271 (Фіг.10).

Вивід однієї додаткової обмотки 277 приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачем нульової фази джерела 01.

У кожній схемі однієї фази пристрою затискач лінійної фази джерела A1 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1, який приєднаний до спільної точки з'єднання других виводів ключів групи 269-271.

Виводи послідовних з'єднань допоміжних обмоток 278-279 між собою з'єднані у зірку за схемою зиг'заг або λ-подібною схемою, середня точка з'єднання послідовних допоміжних обмоток приєднана до нульової фази приймача 02, а виводи променів зірки приєднані до вихідних проміжних виводів 85, 86, 87, які з'єднані із затискачами лінійних фаз приймача A2, B2, C2 (Фіг.10).

Блок керування 4 приєднаний з допомогою кабелю зв'язку 5 до затискачів лінійних фаз джерела A1, B1, C1, 01, а з допомогою кабелю зв'язку 6 з'єднаний з керуючими виводами кожного ключа 269-271 у схемі фази А, а також із ключами схеми 280 та 281 фаз В та С відповідно (Фіг.10).

Робота пристрою. Після приєднання пристрою до трифазної мережі на нього подають напругу, як правило, за допомогою вимикача, ввімкненого між затискачами джерела A1 та вхідним проміжним виводом 1. Блок керування вимірює величину напруги прямої послідовності або середнє значення фазних або лінійних напруг, порівнює виміряне з заданим значенням напруги приймача і вибирає порядкові номери ключів, необхідних для забезпечення приписаної напруги приймача. Блок керування подає сигнали на ввімкнення вибраних ключів, наприклад, ключів: 270 - у фазі А та відповідних ключів у фазах В та С. Вказані ключі

відкриваються і подають трансформовану гальванічно розв'язану напругу необхідної величини на затискачі приймача А2, В2, С2. Вхідна напруга джерела, наприклад, трифазної мережі змінюється за випадковим законом; одночасно змінюється і вихідна напруга пристрою і остання може вийти за межі допустимих значень. Тому при відхиленні вхідної напруги на задану величину блок керування визначає і включає нову комбінацію ключів, необхідних для підтримання напруги приймача у заданих межах.

Для досягнення неперервності вихідної напруги при комутації ключів порядок перемикавання ключів такий: при подачі команди з блоку керування 4 на збільшення рівню вихідної напруги спочатку відключається ключ у фазі А; після знеструмлення фази А з боку джерела живлення фази А2 приймача здійснюється від пристрою за рахунок параметричної генерації напруги у вихідному проміжному виводі пристрою 85 фази А. Це забезпечує неперервне живлення приймача у міжкомутаційний проміжок часу. Саме ця параметрична генерація напруги у знеструмленій фазі А дає можливість без перерви жити фази приймача і переключитися на нову ступінь регулювання. Одразу після знеструмлення фази А блок керування подає команду на ввімкнення наступного ключа нового рівню напруг у фазі А. Після завершення комутації ключів у фазі А відновлюється живлення приймача від джерела трьома фазами. Далі подібна комутація відбувається у фазі В, а потому - у фазі С. В результаті три фази пристрою переключаються на нову ступінь регулювання.

Розглянемо регулювання вихідної напруги. За умови, при якій ключ 271 відкритий, вихідна напруга визначається величиною коефіцієнту трансформації напруг обмоток, а саме:

$$U_{\text{вих}}(271) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{272} + W_{273} + W_{274} + W_{275} + W_{276} + W_{277}) / (W_{276} + W_{277}) \quad (31)$$

У виразі (31) позначено: W_{272} - кількість витків обмотки 272. За умови, при якій ключ 270 відкритий, вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{\text{вих}}(270) = U_{\text{вх}} \cdot (W_{272} + W_{273} + W_{274} + W_{275} + W_{276} + W_{277}) / (W_{274} + W_{275} + W_{276} + W_{277}) \quad (32)$$

Якщо відкритий ключ 269, вихідна напруга дорівнює вхідній (при рівності витків обмоток 272-277 та 278-279). Отже три ключі першої групи регулювання забезпечують три рівні вихідних напруг.

Ефективність і область застосування.

Через масові застосування несиметричних та нелінійних приймачів фазні напруги трифазного джерела, наприклад, трифазної розподільної мережі стають неоднаковими за величиною, а у спектрі фазних струмів крім основної гармоніки з'являються вищі гармоніки струму. Ці вищі гармоніки струму викликають дедалі більші втрати електричної енергії, зокрема, приводять до перегріву магнітопроводу та баку, а також до загорання ізоляції обмоток живильного трансформатора. Крім цього, несиметрія та вищі гармоніки напруг викликають збій у роботі електронної апаратури приймачів.

Мета пристрою - покращення якості електричної енергії приймача та джерела. Ця мета досягається тим, що до кожної основної обмотки додана додаткова обмотка. Кожна основна обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, послідовно з'єднана однойменними виводами з додатковою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу. При цьому сумарна кількість витків збільшується незначно (<5,8%). Мета досягається тим, що магнітні потоки, які наводяться в основних та додаткових обмотках, направлені назустріч і взаємно компенсуються. Через це пристрій набуває нової властивості: опір нульової послідовності знижується у десятки разів. А при виконанні тісного магнітного зв'язку цей опір практично рівний активній (резистивній) складовій опору проводу обмоток пристрою. Тісний магнітний зв'язок передбачає конструкцію виконання котушки, при якому провідник основної обмотки оточений провідниками додаткової обмотки і навпаки. При тісному магнітному зв'язку опір нульової послідовності пристрою можна вважати рівним нулеві. Таку властивість має кожна пара основної та додаткової обмотки, наприклад, 272 та 273, 278 та 279. Заявлений пристрій від 3 до 20 разів зменшує струми та напруги нульової послідовності основної та вищих гармонік, причому і в джерелі, і в приймачі. Пристрій забезпечує задовільну якість енергії джерела та приймача і знижує нагрів та втрати у живильному трансформаторі мережі.

Пристрій, показаний на Фіг.10, доцільно застосовувати при умові, коли середнє значення діапазону вхідних напруг менше або більше номінального значення, встановленого стандартами ГОСТ 13109-97 або EN 50160-94.

Комутаційні процеси у пристрої не викликають істотних коливань напруг та потужності у післякомутаційний період у трифазній мережі. Тому у пристрої можуть бути використані як швидкодіючі напівпровідникові ключі, так і електромеханічні розщеплювачі, наприклад, контактори, швидкодія яких не менша 0,2с.

Описаний варіант виконання гальванічної розв'язки джерела та приймача дозволяє зекономити до 27% міді та сталі. Варіанти виконання пристрою за Фіг.10 мають гальванічну розв'язку, яка значно полегшує подавлення високочастотної складової завади спектру гармонік напруг у діапазоні 10кГц-1000МГц.

Даний пристрій може бути застосований у мережах загального призначення для стабілізації або регулювання напруги несиметричного та нелінійного приймача, К-фактор струмів спектру якого може складати від 4 до 25.

Інші варіанти виконання пристрою, у яких у кожній фазі затискач лінійної фази джерела приєднаний до вихідного проміжного виводу, а вхідний проміжний вивід приєднаний до затискача лінійної фази приймача.

Перший з варіантів виконання пристрій містить: затискачі джерела А1, В1, С1, 0 (Фіг.11); затискачі приймача А2, В2, С2, 0; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, основні 289, 291, 293, 295, 297 та додаткові 290, 292, 294, 296, 298 обмотки та ключі 283-288 у кожній схемі 282, 299, 300 фаз А, В, С; блок керу-

вання 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6. Кожна основна та кожна додаткова обмотки мають однакову кількість витків і з'єднані між собою однойменними, наприклад, кінцевими виводами.

На першому стрижні магнітопроводу розміщені основні схеми 282 фази А, а додаткові обмотки схеми фази А розміщені на третьому стрижні (Фіг.11). На другому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази В, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на першому стрижні. На третьому стрижні магнітопроводу розміщені основні обмотки схеми кола фази С, а додаткові обмотки цієї фази розміщені на другому стрижні (на Фіг.11 не показано).

Обмотки та ключі поділені на групи. На кожному стрижні розміщені дві групи основних та додаткових обмоток. До основних обмоток першої групи належать основні обмотки 293, 295, 297. Додатковими обмотками першої групи є 294, 296, 298. До основних обмоток другої групи належать основні обмотки 289 та 291, а до додаткових обмоток другої групи належать 290 та 292 (Фіг.11). У кожній групі обмоток пара обмоток, яка складається з основної та додаткової обмоток, з'єднані послідовно однойменними виводами. Вивід крайньої обмотки 298 у першій групі приєднаний до нульової фази пристрою, яка з'єднана із затискачами нульових фаз джерела та приймача. Вивід крайньої обмотки 292 у другій групі приєднаний до першого виводу ключа, другий вивід якого приєднаний до спільної точки ключів другої групи.

У кожній групі пари обмоток з'єднані як однойменними та/або різнойменними виводами.

У кожній групі перший вивід ключа приєднаний до одного виводу обмотки групи, а другий вивід ключа приєднаний до спільної точки з'єднання ключів групи.

У кожній схемі кола фази затискач лінійної фази джерела А1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, затискач лінійної фази приймача А2 приєднаний до вхідного проміжного виводу 1. Проміжний вивід 1 приєднаний до виводу однієї з обмоток другої групи. Спільна точка з'єднання ключів другої групи приєднана до спільної точки з'єднання ключів першої групи. Вивід однієї з обмоток першої групи приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, з'єданого з затискачем джерела.

Користь такої будови пристрою полягає у зменшенні встановленої потужності на 10-90% у випадку, коли середнє значення діапазону вхідних напруг більше номінального значення, встановленого нормами для приймача.

Друга користь обумовлена постійним приєднанням обмоток першої групи до джерела, в результаті чого зменшуються коливання фазних напруг джерела у перехідних процесах від 3 до 12 разів.

Другий з варіантів виконання пристрою містить: затискачі джерела А1, В1, С1, О1 (Фіг.12); затискачі приймача А2, В2, С2, О2; вхідні 1-3 та вихідні 85-87 проміжні виводи; тристрижневий магнітопровід, основні 305, 307, 309 та додаткові 306, 308, 310 обмотки, а також ключі 302-304 у кожній схемі 301, 313, 314 фаз А, В, С; блок керування 4 та кабелі зв'язку, наприклад, 5 та 6. Кожна основна

та кожна додаткова обмотки мають однакову кількість витків і з'єднані між собою однойменними, наприклад, кінцевими виводами.

Пристрій виконаний із гальванічною розв'язкою трансформаторного типу затискачів джерела та приймача. Кожна вторинна обмотка у кожній фазі виконана у вигляді послідовного з'єднання основної 311 та додаткової 312 допоміжних обмоток, розміщених на різних стрижнях магнітопроводу і між собою з'єднаних однойменними виводами.

Блок-схема другого з варіантів виконання пристрою з гальванічною розв'язкою затискачів джерела та приймача показана на Фіг.12.

У кожній фазі пристрою перший вивід ключа, наприклад, 302 приєднаний по одному до одного виводу обмоток групи, а другий вивід кожного ключа приєднаний до спільної точки з'єднання, сполученої з вхідним проміжним виводом пристрою, наприклад, 1.

У кожній фазі пристрою затискач лінійних фаз джерела А1 приєднаний до вихідного проміжного виводу 85, а вхідний проміжний вивід 1 приєднаний до затискача приймача А2, середня точка шести допоміжних обмоток, наприклад, 311, 312 у фазах А, В, С, з'єднаних за схемою зигзаг або λ-подібної схеми, приєднана до затискача нульової фази джерела, а вивід крайньої обмотки приєднаний до нульової фази приймача.

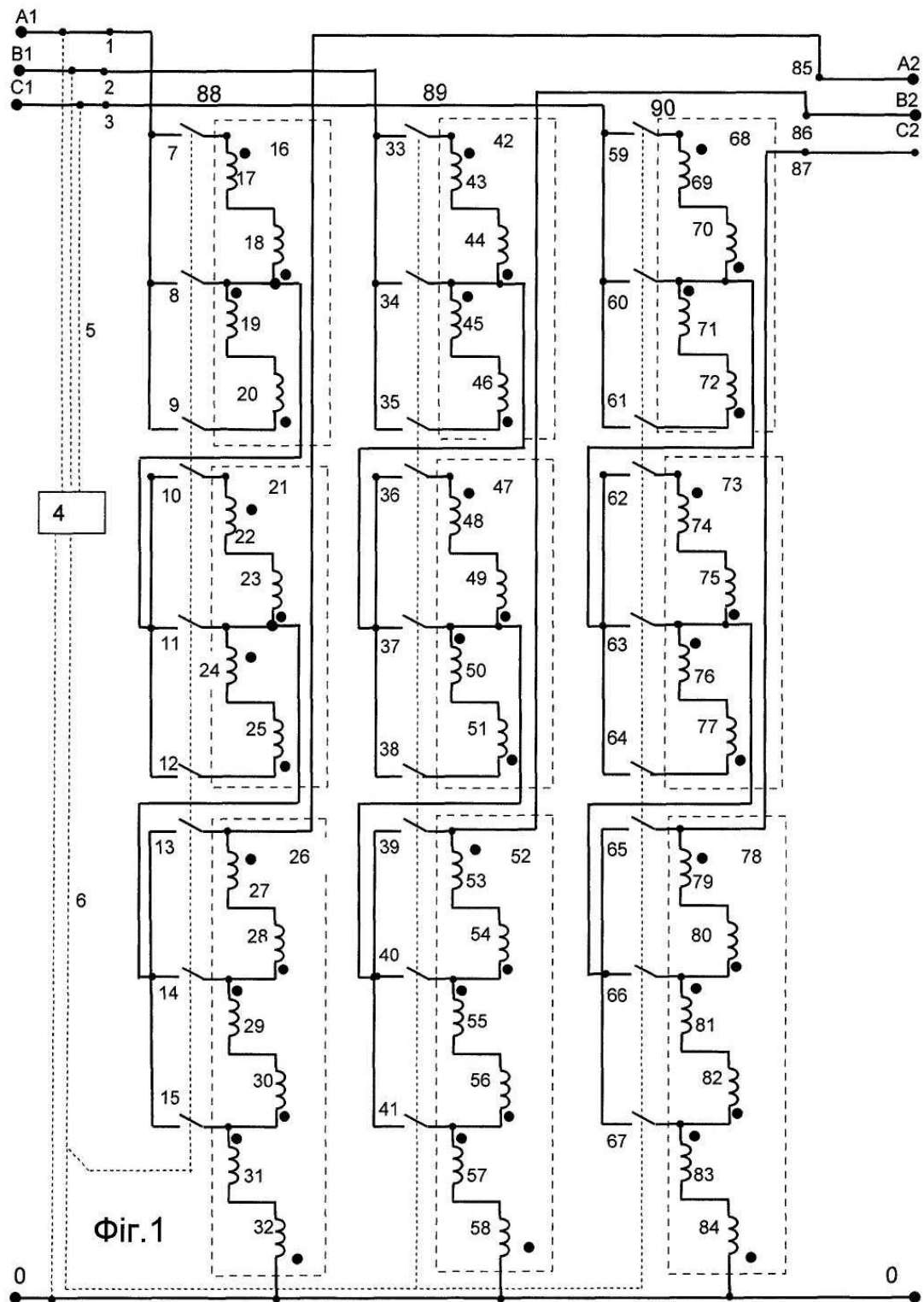
Користь пристрою обумовлена постійним приєднанням допоміжних обмоток, з'єднаних за схемою зигзаг або λ-подібної схеми, до затискача джерела, в результаті чого зменшуються коливання фазних напруг джерела у перехідних процесах від 3 до 12 разів. Такі перехідні процеси виникають у розподільчих мережах загального призначення під час включення або відключення приймачів.

Перелік посилань

1. Golaski F.W., Telega T.J. Tap-changing series-multiple transformer system. Патент США №3818402, МПК H01F21/00. Виданий 18.07.1974.
2. Липковский К.А., Тонкаль В.Е., Музыченко А.Д., Озерянский А.А. Устройство для регулирования переменного напряжения. Авт. свид. СРСР №428366, МПК G05F1/14, Опубл. 24.04.1975.
3. Carpenter R.B., Drabkin M. Regulated A.C. power supply. Патент США №4591779, МПК G05F5/04. Виданий 27.05.1986.
4. Okamura M. AC power regulator with tap changer. Патент США №5119012, МПК G05F1/16. Виданий 02.06.1992.
5. Klinkenberg J.R., Duecker A.C. Means and method for controlling electrical transformer voltage regulating tapchangers. Патент США №5136233, МПК G05F1/20. Виданий 04.08.1992.
6. Bilger H., Ravot J.-F. Three-phase transformer with in Phase Regulating Winding for the Regulation of phase Voltages. Патент США №5977761, МПК H01F30/12. Виданий 02.11.1999.
7. Degeneff R.C., Raedy S. Regulator with asymmetrical voltage increase/decrease capability for utility system. Патент США №5990667, МПК G05F1/16. Виданий 23.11.1999.
8. Hammond H. Variable output three-phase transformer. Patent USA. No 6087738. Виданий 11.07.2000.

9. Ghosh R., Besmen M.E. Voltage selection apparatus and method. Патент США №61082261, МПК H02J3/24. Виданий 22.08.2000.
10. Bair R.H., Elwood B.M., Region S.M. Voltage control device for increasing or decreasing voltage a load. Патент США №6100673, МПК G05F1/14. Виданий 08.08.2000.
11. Persson N., Schenstrom J. Method and a device for controlling a secondary voltage in a transformer device connected to a power network and comprising an on-load tap-changer. Патент США №6313614, МПК G05F1/14. Виданий 06.11.2001.
12. Suzuki F. Power controlling unit and thermal processing unit. Патент США №6351105, МПК G05F1/14. Виданий 26.02.2002.
13. Kramer W.O., Daneshpooy A. Static voltage regulator and controller. Патент США №6351106, МПК G05F1/16. Виданий 26.02.2002.
14. Kronberg J.W. Digitally-controlled stabilizer. Патент США №6417651, МПК G05F1/14. Виданий 09.07.2002.
15. Hammond P. Hybrid tap-carging transformer with full range of control and high resolution. Patent USA. No 6472851. Виданий 29.10.2002.
16. Hauer H. Limiting ring current in short circuit between adjacent partial windings by increasing leakage impedance. Патент США №6924631, МПК G05F1/14. Виданий 02.08.2005.
17. Matsumura K. Switching power supply control device and switching power supply. Patent USA No 7132818. МПК G05F1/10; 1/652. Виданий 7.11.2006.

18. Fattohi S. Dual controlled output voltage anti-saturation, auto-transformer circuit methodology. Патент США №7154251, МПК G05F1/147. Виданий 26.11.2006.
19. Chung J.C. Alternating current power control device. Патент США №5808454, МПК G05F1/14. Виданий 15.09.1998.
20. Lace M. Voltage compensation system. Патент США №5883503, МПК G05F1/24. Виданий 16.03.1999.
21. Rajda J., Wu R., Static voltage regulator. Патент США №6137277, МПК G05F5/00. Виданий 24.10.2000.
22. Bellin M., Trainor J. Voltage regulator control system with multiple control programs. Патент США №5550460, МПК G05F1/14. Виданий 27.08.1996.
23. Rostron J.R. Voltage based var compensation system. Патент США №5900723, МПК G05F1/70. Виданий 04.05.1999.
24. Owen D.W. Transformer with tapped subwindings. Патент США №4255734, МПК H01F21/12. Виданий 10.03.1981.
25. Imoto M. Electric adjuster. Патент США №5821739, МПК G05F1/16. Виданий 13.10.1998.
26. Schrade G. AC voltage regulator. Патент США №4853608, МПК G05F1/20. Виданий 01.08.1989.
27. Wein F. Regulating transformer. Патент США №4325020, МПК H01F29/02. Виданий 13.04.1982.
28. Andrei R.G. Three-phase Auto Transformer with two Tap Changers for ratio and Phase-Angle Control. Патент США №6011381, МПК G05F1/14. Виданий 04.01.2000.



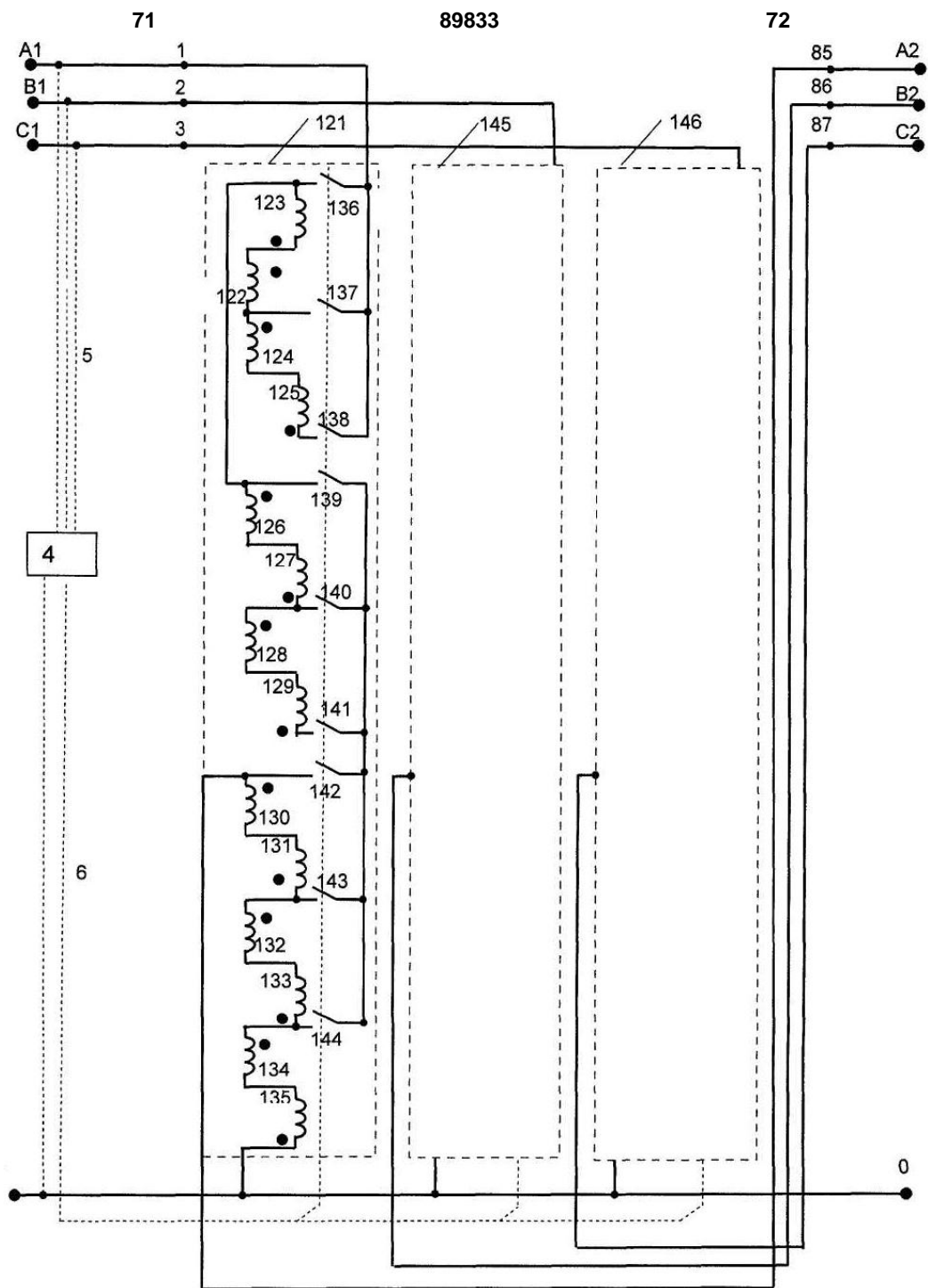


Fig.3

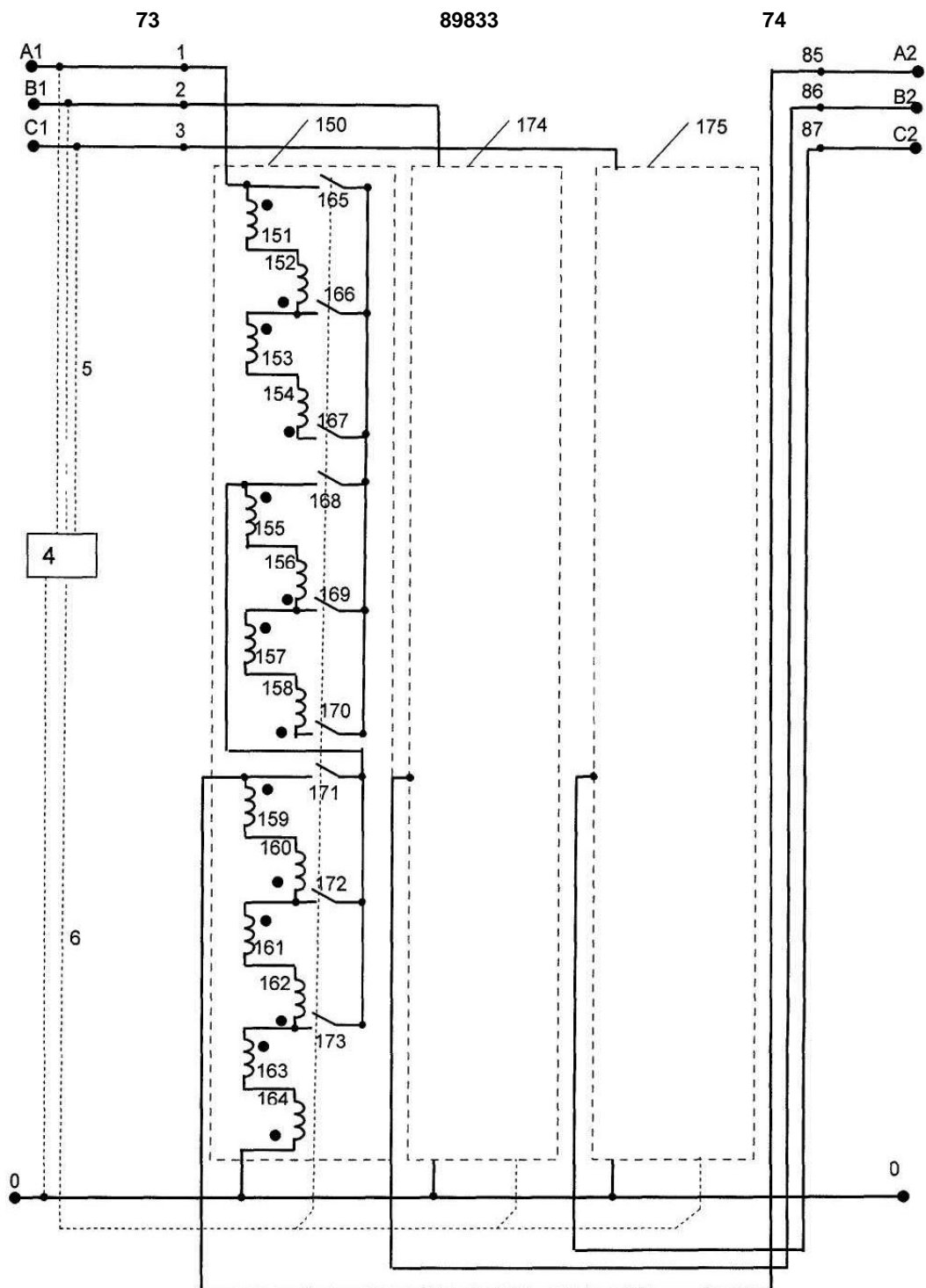


Fig. 4

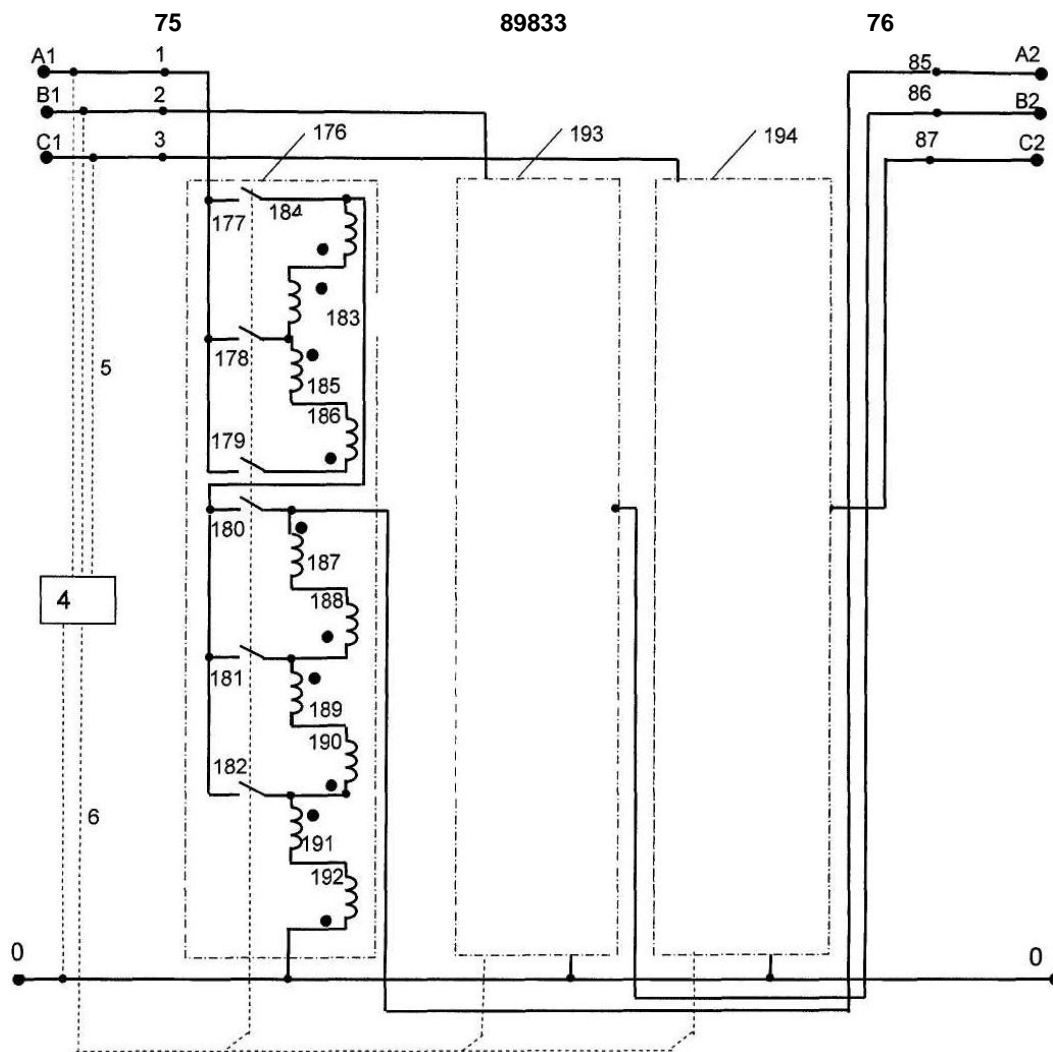


Fig.5

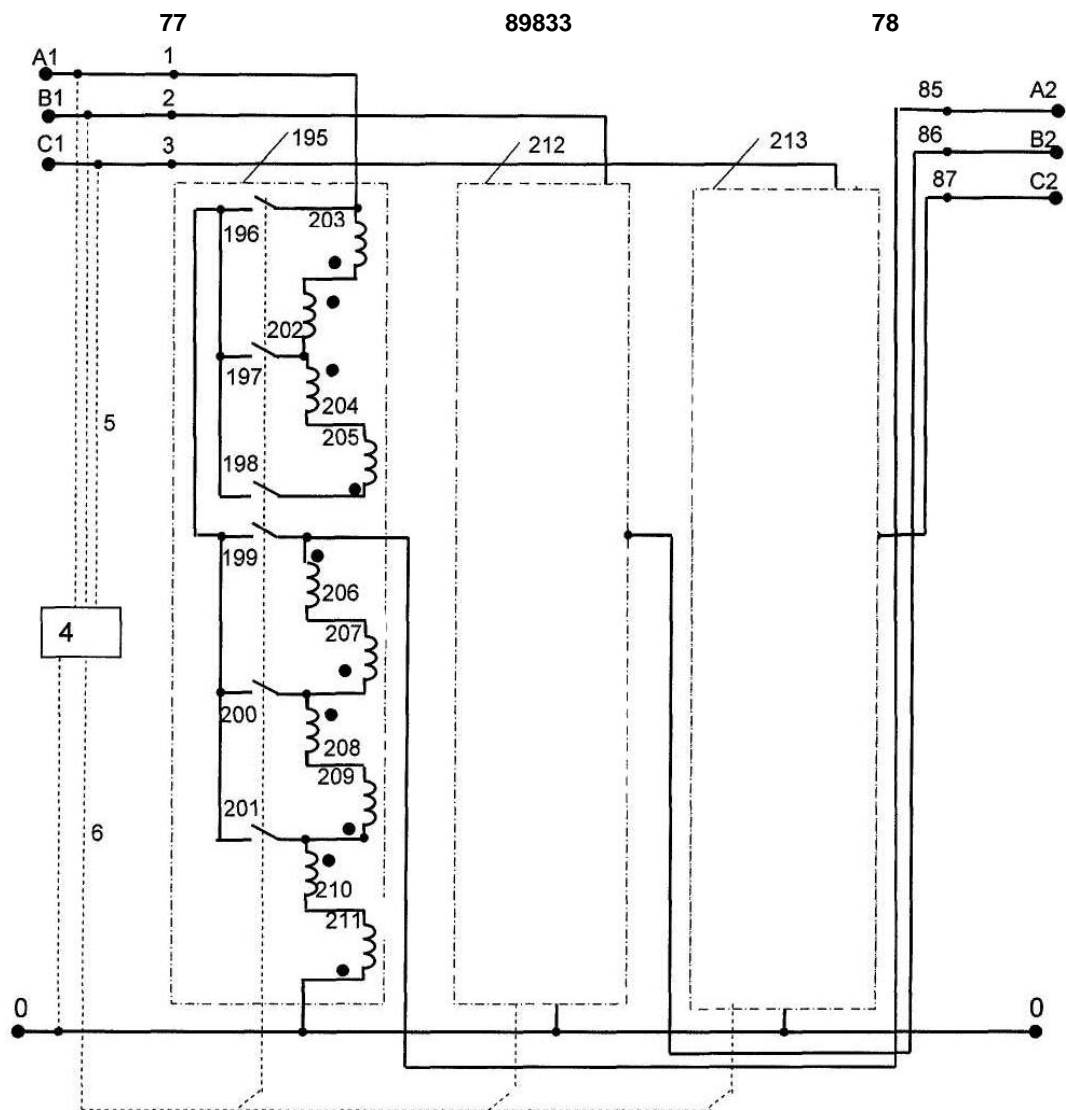


Fig.6

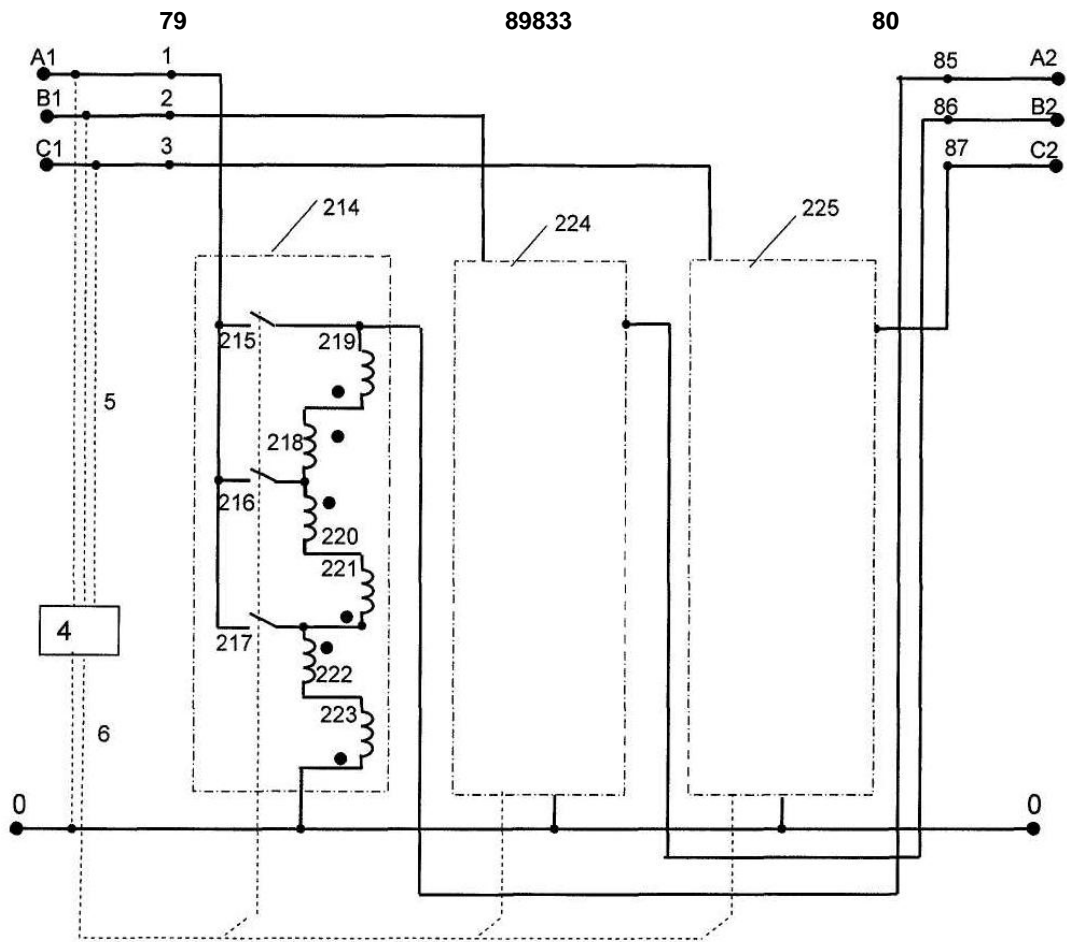
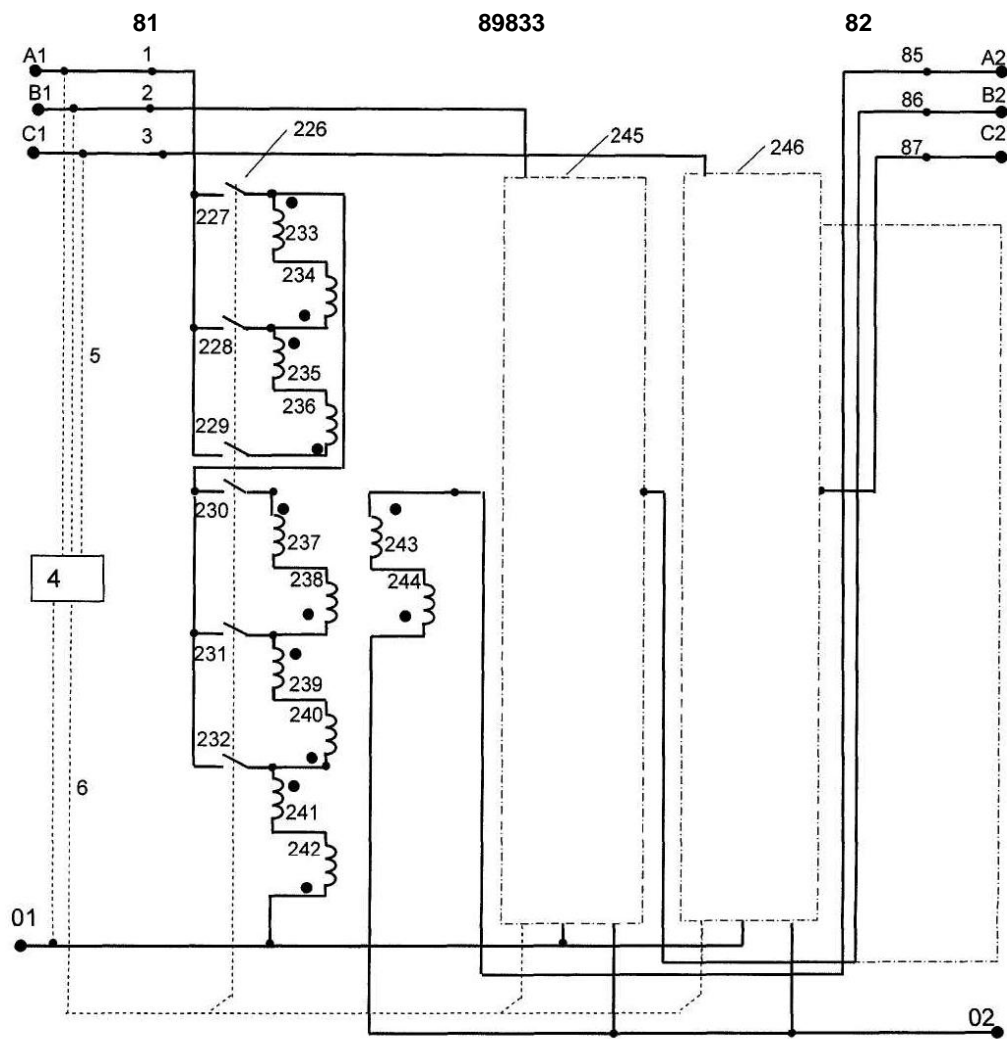


Fig.7



Φir.8

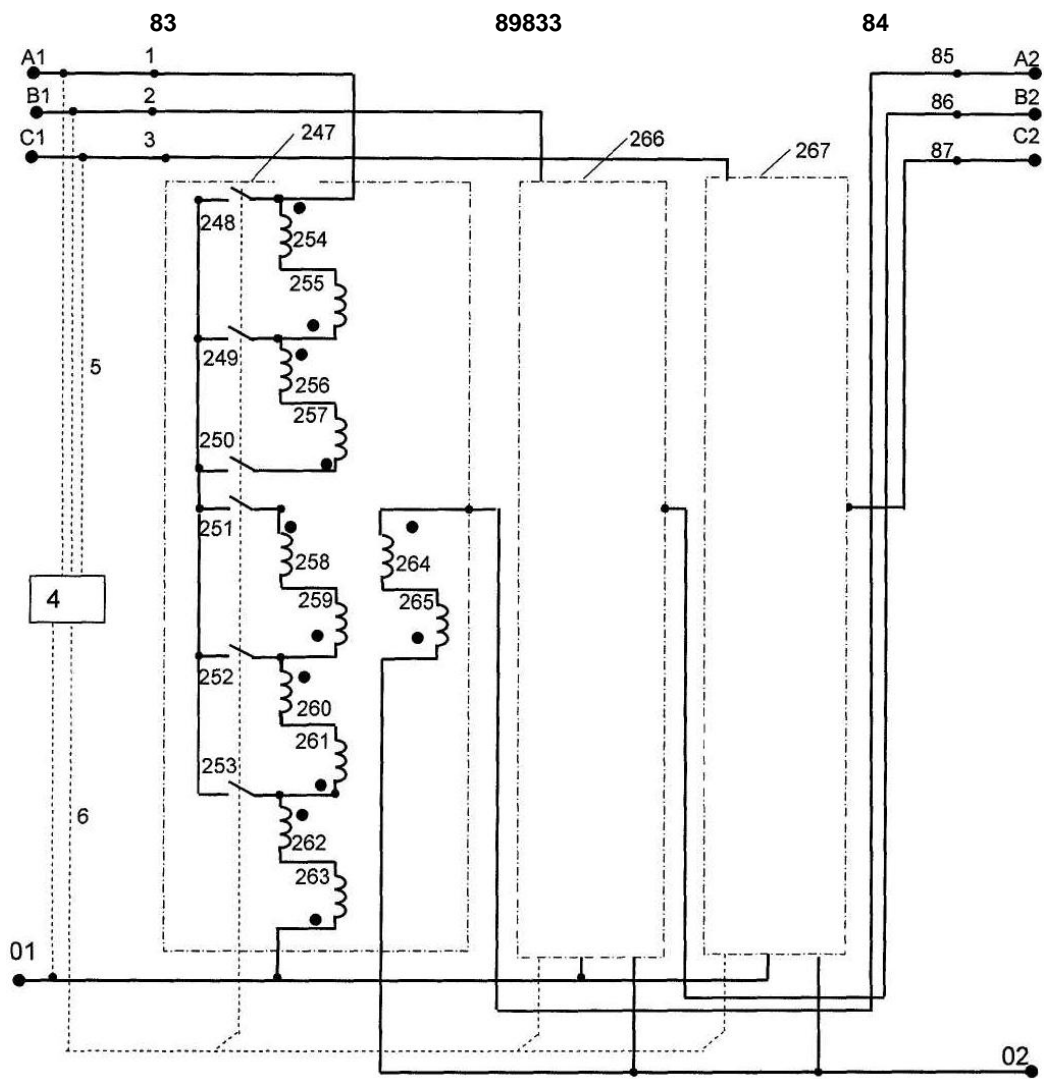
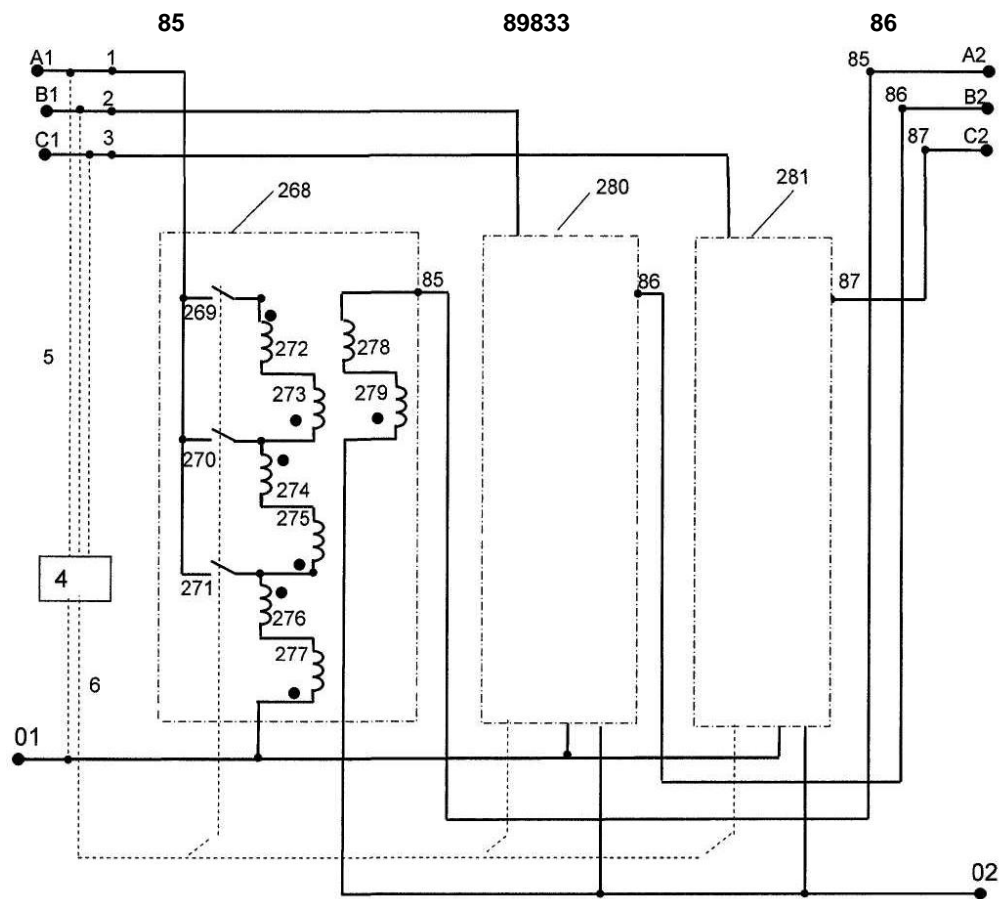


Fig.9



Φir.10

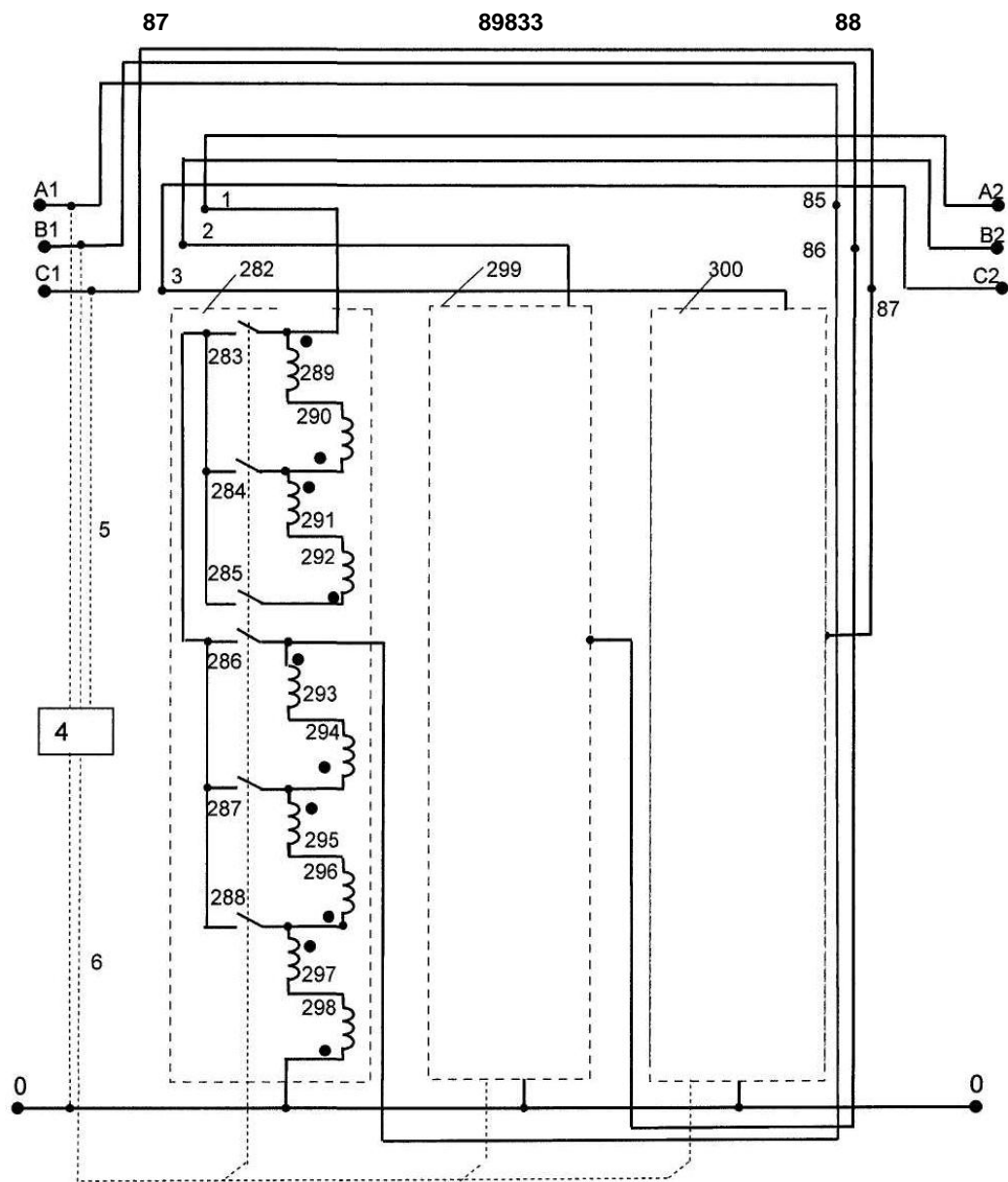
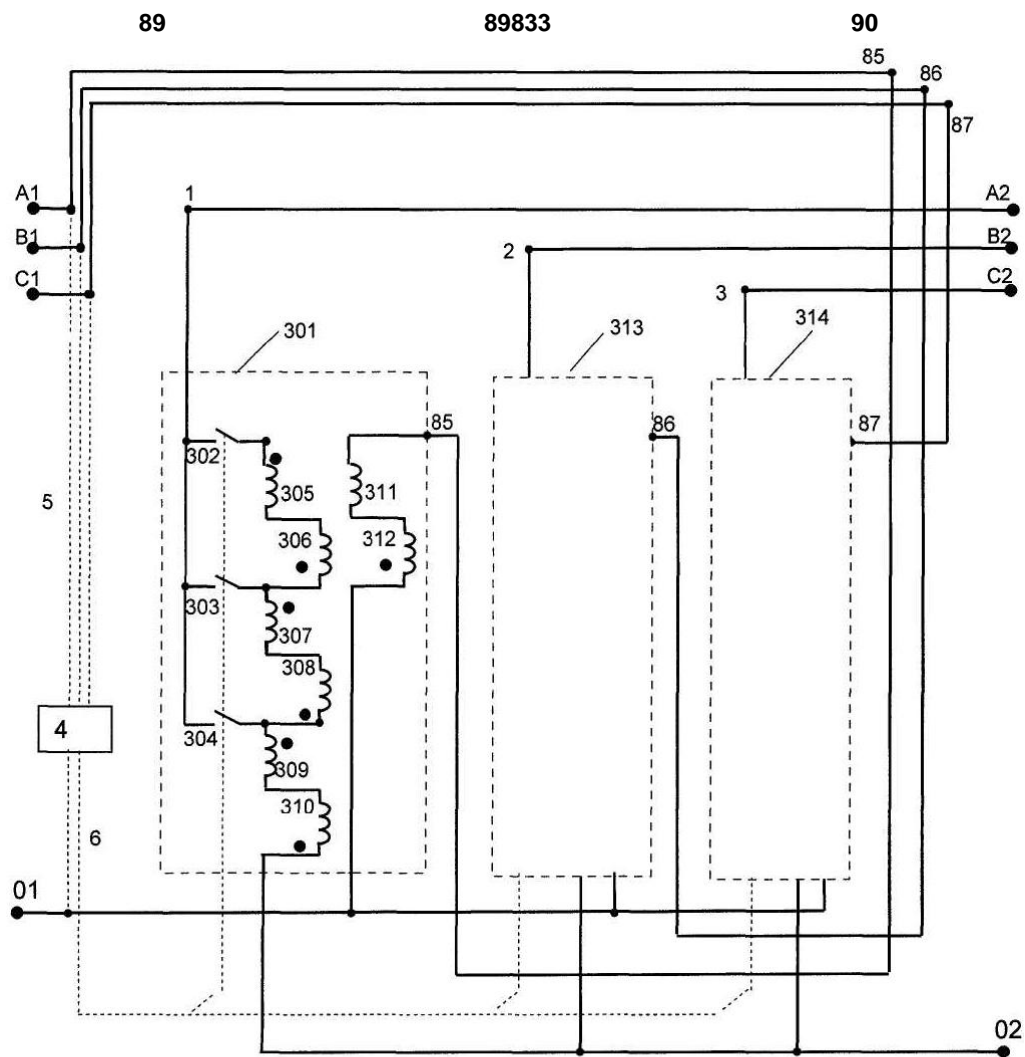


Fig. 11



Фіг.12