



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 123146

(13) C2

(51) МПК

H01F 29/04 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

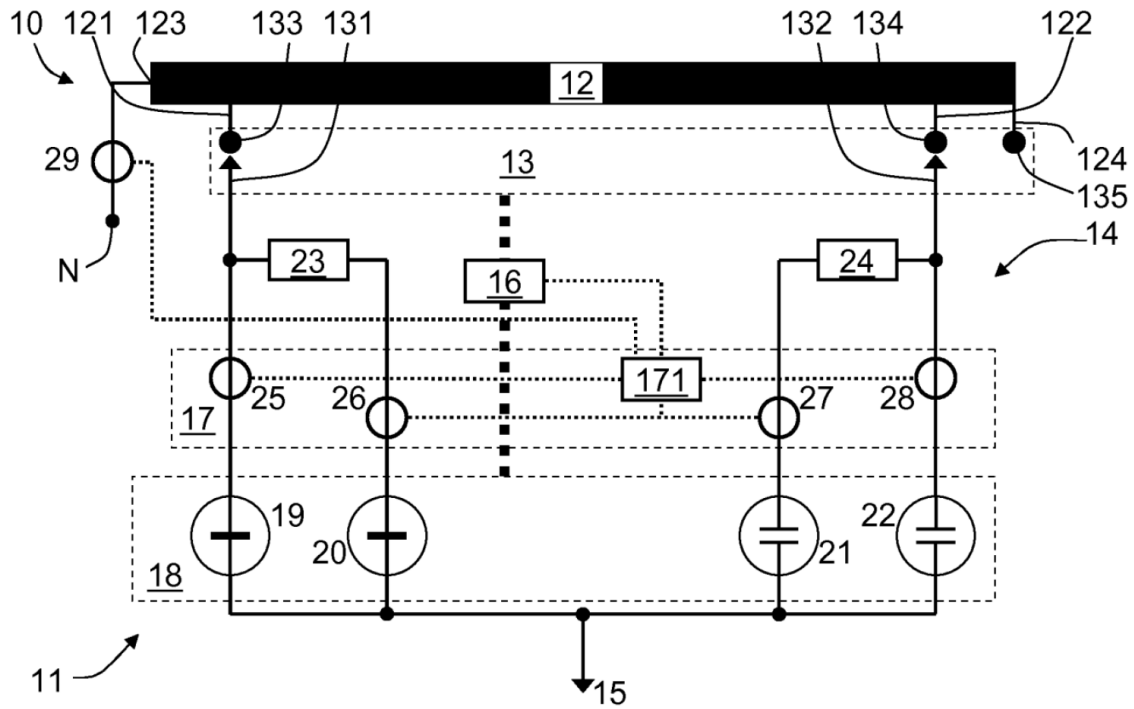
<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>а 2017 08481</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>Савельєв Анатолій (DE), Штерц Олівер (DE)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>16.02.2016</b>	<b>(73)</b> Володілець (володільці):	<b>МАШІНЕНФАБРІК РАЙНХАУЗЕН ГМБХ,</b> Falkensteinstrasse 8, 93059 Regensburg, Germany (DE)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	<b>25.02.2021</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Пахаренко Олександр Володимирович, реєстр. №136</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	<b>10 2015 102 727.5</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	DE 202012101039 U1, 24.06.2013 DE 2021575 A1, 02.12.1971 EP 2541572 A1, 02.01.2013
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	<b>25.02.2015</b>		
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Парижської конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>DE</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>11.12.2017, Бюл.№ 23</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про державну реєстрацію:	<b>24.02.2021, Бюл.№ 8</b>		
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>PCT/EP2016/053225, 16.02.2016</b>		

**(54) СПОСІБ ЗМІНИ КІЛЬКОСТІ АКТИВНИХ ВИТКІВ РЕГУЛЮВАЛЬНОЇ ОБМОТКИ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ УСТАНОВЦІ ТА ЕЛЕКТРИЧНА УСТАНОВКА З РЕГУЛЮВАЛЬНОЮ ОБМОТКОЮ****(57) Реферат:**

Спосіб зміни кількості активних витків регулювальної обмотки (12) в електричній установці (10), причому регулювальна обмотка (12) приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю Т періоду, розрахована на задану номінальну силу IN струму і має перший і другий відводи (121, 122) обмотки; із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від першого відводу обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу (15), а другий відвід обмотки від'єднаний від силового відводу, згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання здійснюють перемикання в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу обмотки по другому головному ланцюгу до силового відводу, а перший відвід обмотки від'єднаний від силового відводу; згідно зі схемою послідовності операцій перемикання, виходячи із першого режиму сталого струму на стадії а перемикання перший відвід обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом, а перший головний ланцюг від'єднують; на стадії b перемикання другий відвід обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом, у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між відводами обмотки контурний струм iK тече по перехідних ланцюгах; на стадії c перемикання перший відвід обмотки від'єднують від силового відводу; на стадії d перемикання другий відвід обмотки

UA 123146 C2

через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом; принаймні в один заданий контрольний момент  $tT$  часу між стадіями а і с перемикання перевіряють від'єднання першого головного ланцюга; визначають силу  $IL$  навантажувального струму; контрольний момент  $tT$  часу встановлюють залежно від сили  $IL$  навантажувального струму.



Фіг. 1

Винахід стосується способу зміни кількості активних витків регульовальної обмотки в електричній установці та електричної установки з регульовальною обмоткою.

У публікації EP 2541572A1 описаний, по-перше, силовий ступеневий перемикач для з'єднання з регульовальною обмоткою трансформатора. Цей силовий ступеневий перемикач містить селектор і підключений до селектора силовий перемикач. Селектор містить множину нерухомих контактів, підключених до відповідних відводів регульовальної обмотки, два рухомих контакти і по одному (електричному) акумулятору для кожного рухомого контакту. Кожен рухомий контакт одним кінцем під'єднаний до відповідного акумулятора з можливістю переміщення вздовж нього і встановлення у різні положення, в яких він своїм іншим кінцем електрично з'єднаний з відповідним нерухомим контактом.

Силовий перемикач має дві ланки, кожна з яких містить послідовну схему із головного і перехідного роз'єднувачів, а також перехідний резистор, який підключений паралельно головному роз'єднувачу. Завдяки цій послідовній схемі силовий перемикач називають також послідовним силовим перемикачем. Кожна ланка включена між зовнішнім контактом і відповідним акумулятором. Головний роз'єднувач підключений таким чином, що він розміщений електрично ближче до зовнішнього контакту, аніж перехідний роз'єднувач. Перехідні резистори підключені до зовнішнього контакту спільною лінією.

Поряд із цим, силовий ступеневий перемикач містить також принаймні один детектор струму і детектор несправностей. Кожен детектор струму виконаний таким чином, що він реєструє струм у ланцюгу силового перемикача і як відповідь на зареєстрований струм генерує сигнал індикації струму. Детектор несправностей виконаний таким чином, що він отримує сигнал індикації струму від детектора струму, на підставі якого визначає, чи виникла несправність у силовому перемикачі, і генерує сигнал індикації несправності, якщо було встановлено, що в силовому перемикачі виникла несправність.

Детектор несправностей призначений для встановлення того, що перехідний роз'єднувач не здійснив розмикання, шляхом виявлення перевищення першого порогового значення тривалості сигналу індикації струму. Детектор несправностей виконаний із можливістю визначення того, що перехідний роз'єднувач не здійснив розмикання, шляхом встановлення, чи є тривалість сигналу індикації струму меншою, ніж друге порогове значення. Кожен детектор струму є пристроєм для вимірювання електричного струму, який за допомогою сигналу індикації струму відображає силу зареєстрованого струму, а детектор несправностей виконаний таким чином, що він враховує силу зареєстрованого електричного струму для встановлення факту виникнення несправності.

Детектор струму виконаний із можливістю реєстрації електричного струму, який тече по всій лінії. Силовий перемикач містить для кожної ланки детектор струму, виконаний із можливістю реєстрації струму, який тече через перехідний резистор цієї ланки, а також для кожної ланки детектор струму, виконаний із можливістю реєстрації струму, який тече через перехідний роз'єднувач цієї ланки. Детектор несправностей виконаний із можливістю встановлення того, що перехідний роз'єднувач не здійснив розмикання, шляхом перевірки, чи перевищує період часу, протягом якого він приймає сигнал індикації струму від детекторів струму з двох ланок, третє порогове значення.

Детектор несправностей з'єднаний із роз'єднувальним механізмом захисного вимикача трансформатора, завдяки чому трансформатор, до якого підключений ступеневий перемикач, можна від'єднувати від електромережі при виявленні важкої несправності, в типовому випадку – несправності у перехідному роз'єднувачі.

У публікації EP 2541572A1 описаний, по-друге, спосіб експлуатації силового ступеневого перемикача із силовим перемикачем, який має дві ланки. Кожна ланка містить послідовну схему із головного роз'єднувача і перехідного роз'єднувача та перехідний резистор, підключений паралельно головному роз'єднувачу. Цей спосіб включає такі стадії:

- перевірка принаймні одного ланцюга силового перемикача для реєстрації струму, який тече у цьому ланцюгу;
- генерування сигналу індикації як відповіді на струм, який тече у цьому ланцюгу;
- визначення наявності несправності у силовому перемикачі на підставі генерованого сигналу індикації струму;
- генерування сигналу індикації несправності у разі виявлення несправності в силовому перемикачі.

Перевірка принаймні одного ланцюга включає перевірку наявності струму, що тече через перехідний резистор. Визначення включає встановлення того, чи перевищує тривалість прийнятого сигналу індикації струму перше порогове значення, і чи є вона меншою, ніж друге порогове значення. Спосіб включає стадію визначення сили зареєстрованого струму. Наявність несправності визначають на підставі певної величини зареєстрованого струму. Перевірка

принаймні одного ланцюга включає перевірку кожної ланки для встановлення наявності струму, який тече через перехідний роз'єднувач цієї ланки. Визначення наявності несправності включає перевірку того, чи перевищує період часу, протягом якого детектор струму приймає сигнал індикації струму із двох ланок, третє порогове значення. Порогові значення є попередньо визначеними.

Згідно з публікацією EP 2541572A1 силовий ступеневий перемикач для зміни кількості активних витків обмотки трансформатора здійснює перемикання із першого режиму сталого струму в другий режим сталого струму. У першому режимі сталого струму електричний струм тече від першого відводу обмотки через перший рухомий контакт, перший акумулятор і перший перехідний роз'єднувач та перший головний роз'єднувач першої ланки до зовнішнього контакту, а другий відвід обмотки від'єднаний від зовнішнього контакту. У другому режимі сталого струму електричний струм тече від другого відводу обмотки через другий рухомий контакт, другий акумулятор і другий перехідний роз'єднувач та другий головний роз'єднувач другої ланки до зовнішнього контакту, а перший відвід обмотки від'єднаний від зовнішнього контакту.

Виходячи з першого режиму сталого струму, перший головний роз'єднувач розмикають, внаслідок чого тепер струм тече через перший перехідний резистор першої ланки, а також перший перехідний роз'єднувач. Після цього замикають другий перехідний роз'єднувач, внаслідок чого у силовому перемикач тепер замкнуті дві ланки для протікання струму, причому струм у кожній ланці через перехідний резистор обмежений. Після цього розмикають перший перехідний роз'єднувач, внаслідок чого весь струм тепер тече через другий перехідний резистор і другий перехідний роз'єднувач, а через другий перехідний резистор надалі обмежений. Насамкінець замикають другий головний роз'єднувач, внаслідок чого тепер струм тече через другий головний роз'єднувач та другий перехідний роз'єднувач, і відбувається перемикання в другий режим сталого струму. Таким чином, кожна послідовна схема із перехідного роз'єднувача і головного роз'єднувача утворює головний ланцюг, а кожна послідовна схема із перехідного роз'єднувача і перехідного резистора, який підключений паралельно до головного роз'єднувача, утворює перехідний ланцюг.

У публікації DE 2021575A1 описаний силовий перемикач із двома ланками, кожна з яких містить паралельну схему із першого вакуумного перемикального елемента і послідовної схеми з перехідного резистора та другого вакуумного перемикального елемента. Завдяки цій паралельній схемі силовий перемикач називають також паралельним силовим перемикачем. У кожній ланці перший вакуумний перемикальний елемент утворює головний ланцюг, а послідовна схема утворює перехідний ланцюг.

У публікації DE 4231353A1 описаний силовий перемикач, що містить два вакуумних перемикальних елементи, перехідний резистор і перемикач із двома перемикальними контактами, а також середнім контактом. Перший вакуумний перемикальний елемент включений між середнім контактом і силовим відводом. Перший перемикальний контакт підключений до першого рухомого контакту селектора, другий перемикальний контакт – до другого рухомого контакту. Послідовна схема із перехідного резистора і другого вакуумного перемикального елемента включена між другим рухомим контактом і силовим відводом і, таким чином, паралельно до першого вакуумного перемикального елемента, середнього контакту та другого перемикального контакту. Перший вакуумний перемикальний елемент, середній контакт і перший перемикальний контакт утворюють перший головний ланцюг, послідовна схема утворює перехідний ланцюг, а перший вакуумний перемикальний елемент, середній контакт і другий перемикальний контакт утворюють другий головний ланцюг.

У публікації DE 4231353A1 описаний, окрім цього, також силовий перемикач із двома ланками, в одну з яких включений перший вакуумний перемикальний елемент, а друга містить паралельну схему із другого вакуумного перемикального елемента і послідовної схеми з перехідного резистора та третього вакуумного перемикального елемента. Перший вакуумний перемикальний елемент утворює перший головний ланцюг, послідовна схема утворює перехідний ланцюг, а другий вакуумний перемикальний елемент утворює другий головний ланцюг.

У публікації DE 102007004530A1 описаний силовий перемикач із трьома вакуумними перемикальними елементами, двома перехідними резисторами і перемикачем, що містить два перемикальних контакти, а також середній контакт. Перший вакуумний перемикальний елемент включений між середнім контактом і силовим відводом. Перший перемикальний контакт підключений до першого рухомого контакту селектора, другий перемикальний контакт – до другого рухомого контакту. Перша послідовна схема з першого перехідного резистора і другого вакуумного перемикального елемента включена між першим рухомим контактом і силовим

відводом, і, таким чином, паралельно до першого вакуумного перемикального елемента, середнього контакту і першого перемикального контакту.

Друга послідовна схема із другого перехідного резистора та третього вакуумного перемикального елемента включена між другим рухомим контактом і силовим відводом і, таким чином, паралельно до першого вакуумного перемикального елемента, середнього контакту та другого перемикального контакту. Перший вакуумний перемикальний елемент, середній контакт і перший перемикальний контакт утворюють перший головний ланцюг, перша послідовна схема утворює перший перехідний ланцюг, друга послідовна схема утворює другий перехідний ланцюг, а перший вакуумний перемикальний елемент, середній контакт і другий перемикальний контакт утворюють другий головний ланцюг.

Виходячи з цього, винахід пропонує предмети незалежних пунктів формули винаходу. Переважні та вдосконалені форми виконання описані в залежних пунктах формули винаходу.

Згідно з першим аспектом винаходу запропонований спосіб зміни кількості активних витків регулювальної обмотки в електричній установці, причому

- регулювальна обмотка приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу  $I_N$  струму і має перший та другий відводи обмотки;

- із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від першого відводу обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу, а другий відвід обмотки від'єднаний від силового відводу, згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання здійснюють перемикання в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу обмотки по другому головному ланцюгу до силового відводу, а перший відвід обмотки від'єднаний від силового відводу;

- згідно зі схемою послідовності операцій перемикання

- виходячи з першого режиму сталого струму, на стадії а перемикання перший відвід обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний або залишається з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом, а перший головний ланцюг від'єднують;

- після здійснення стадії а перемикання на стадії b перемикання другий відвід обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом, у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між першим і другим відводом обмотки контурний струм  $i_K$  тече по перехідних ланцюгах;

- після здійснення стадії b перемикання на стадії с перемикання перший відвід обмотки від'єднують від силового відводу;

- після здійснення стадії с перемикання на стадії d перемикання другий відвід обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом;

- принаймні в один заданий контрольний момент часу  $t_T$  між стадіями а і с перемикання перевіряють від'єднання першого головного ланцюга;

- визначають силу  $I_L$  навантажувального струму;

- контрольний момент часу  $t_T$  визначають залежно від сили  $I_L$  навантажувального струму.

Таким чином, цей запропонований спосіб дозволяє перевіряти здійснення належного від'єднання першого головного ланцюга.

Цей спосіб забезпечує можливість простого узгодження із різною силою навантажувального струму і, таким чином, із різними робочими режимами, а також простої в реалізації і надійної перевірки виникнення несправностей при роз'єднанні ланцюгів струму, які необхідні при зміні кількості активних витків обмотки.

Окрім цього, цей спосіб дозволяє застосовувати датчик струму, який має будь-яку, наприклад, нелінійну і/або монотонну передавальну функцію і/або будь-яку, наприклад, нелінійну і/або монотонну вимірювальну характеристику, і/або невелику точність, і/або низьку часову стабільність, і/або змінне або точно не визначене порогове значення результату вимірювань, і/або генерує простий вимірювальний сигнал ВВІМКН/ВІМКН, залежно від того, перевищує моментальне значення сили струму, який реєструється, порогове значення результату вимірювань, чи ні. Подібний датчик струму містить, наприклад, перетворювач струму насичення, і, таким чином, має дуже просту конструкцію, завдяки чому є також дуже економічним. Переважно, датчик струму має достатньо високу часову роздільну здатність, наприклад, вище ніж 0,01 Т або 0,005 Т, або 0,002 Т, або 0,001 Т; проте, це не є проблемою для наявних сьогодні в розпорядженні датчиків струму.

Окрім цього, цей спосіб може бути застосований як для електричних установок, які містять послідовний силовий перемикач, так і для електричних установок, які містять силовий перемикач, конструкція якого відрізняється від послідовного силового перемикача. Подібні силові перемикачі іншої конструкції можуть містити, наприклад, лише один перехідний резистор,

перехідні дроселі замість перехідних резисторів, більше або менше чотирьох роз'єднувачів або два паралельних роз'єднувача в одній ланці.

Переважно, від'єднання першого відводу обмотки від силового відводу на стадії с перемикання охоплює також від'єднання першого перехідного ланцюга.

5 Силу навантажувального струму можна вибирати будь-якою залежно від потреби, наприклад, такою, що дорівнює амплітуді навантажувального струму, якщо його характеристика має синусоїдоподібну форму, або максимальному значенню навантажувального струму, якщо його величина є змінною, або ефективному значенню навантажувального струму, якщо його величина є змінною, або значенню між найвищим і найнижчим значеннями навантажувального струму, якщо він має будь-яку періодичну характеристику, або максимальному значенню навантажувального струму, якщо він має будь-яку періодичну характеристику, або середньому значенню попередніх величин.

10 Це середнє значення, також назване середньою силою навантажувального струму, може бути вибране будь-яким, залежно від потреби, наприклад, як середнє значення або середнє арифметичне, або середнє геометричне, або середнє гармонічне, або середнє квадратичне, або середнє кубічне, або середнє логарифмічне, і, залежно від потреби, наприклад, бути зрізаним або вінсоризованим, або зваженим, або ковзним. Визначення середньої сили навантажувального струму, залежно від потреби, можна здійснювати будь-яким чином, наприклад, протягом часу, який дорівнює принаймні тривалості одного періоду і/або максимум 20 тривалості 10 періодів, і/або до або після генерування перемикального сигналу для перемикання із першого режиму сталого струму в другий режим сталого струму. Цей перемикальний сигнал генерує, наприклад, керувальний пристрій установки. Цей керувальний пристрій у типовій установці, що містить регульовальний трансформатор, який має первинну та вторинну сторони, і в якому регульовальна обмотка утворює принаймні частину первинної або 25 вторинної сторони, містить, наприклад, регулятор напруги, задачею якого є утримання первинної або вторинної напруги регульовального трансформатора в межах заданого діапазону напруг.

Цей керувальний пристрій у типовій установці, яка містить регульований або змінюваний компенсаційний дросель для підведення індуктивної реактивної потужності у мережу змінного 30 струму і/або для компенсації ємнісної реактивної потужності з мережі змінного струму, і в якій регульовальна обмотка утворює принаймні частину компенсаційного дроселя, містить, наприклад, регулятор реактивної потужності, задачею якого є регулювання утворюваної компенсаційним дроселем реактивної потужності і/або реактивної потужності, яка має бути компенсована компенсаційним дроселем, і/або підтримання реактивної потужності мережі 35 змінного струму в межах заданого діапазону реактивної потужності.

Кожна з цих обох установок містить, наприклад, приєднаний до керувального пристрою і з'єднаний із регульовальною обмоткою силовий ступеневий перемикач із силовим перемикачем і селектором ступенів для точного регулювання, який містить для регульовальної обмотки два 40 рухомі контакти і для кожного відводу обмотки електропровідно з'єднаний із нею нерухомий контакт. При застосуванні подібного силового ступеневого перемикача здійснюють електроенергонезалежний, без застосування електричного струму чи без навантаження попередній вибір знеструмленого нерухомого контакту другого відводу обмотки, на який має бути здійснене перемикання, за допомогою того рухомого контакту селектора ступенів для точного регулювання, який не прилягає до струмоведучого нерухомого контакту першого 45 відводу обмотки, через який тече навантажувальний струм, і який є знеструмленим або не струмоведучим, і перемикання під навантаженням з іншого рухомого контакту, який прилягає до струмоведучого нерухомого контакту і є струмоведучим, на знеструмлений рухомий контакт у силовому перемикачі. Перемикальний сигнал у цій формі виконання винаходу містить, наприклад, інформацію про те, який рухомий контакт селектора ступенів для точного 50 регулювання має бути переміщений, і який нерухомий контакт селектора ступенів для точного регулювання має бути підключений цим переміщуваним рухомих контактом. Визначення сили навантажувального струму здійснюють переважно перед стадією а перемикання.

Цей спосіб сконфігурований переважно як симетричний, тому при перемиканні у зворотному напрямку, тобто із другого у перший режим сталого струму, аналогічно перевіряє здійснення 55 належного від'єднання другого головного ланцюга.

Переважно передбачено, що

- в ході перевірки

- реєструють струм  $i_1$ , який тече у першому головному ланцюгу, і порівнюють виміряне значення із заданим пороговим значенням результату вимірювань,

- якщо виміряне значення є нижчим, аніж задане порогове значення, результат перевірки оцінюють як позитивний, а в іншому випадку – як негативний.

Переважно передбачено, що

5 - контрольний момент  $tT$  часу встановлюють на момент через заданий час  $TV$  затримки після початку здійснення стадії а перемикання.

Переважно передбачено, що

- контрольний момент  $tT$  часу встановлюють на момент до здійснення стадії b перемикання.

Переважно передбачено, що

10 - перед здійсненням перевірки, і зокрема перед здійсненням стадії а перемикання, силу  $IL$  навантажувального струму порівнюють із заданим пороговим значенням для відповідного режиму;

- при перевищенні заданого порогового значення здійснюють перевірку згідно з режимом А, а в іншому випадку – згідно з режимом В; або, якщо виміряне значення є нижчим, аніж задане порогове значення, здійснюють контроль згідно з режимом В, а в іншому випадку – згідно з режимом А.

Переважно передбачено, що порогове значення для відповідного режиму встановлюють

- залежно від порогового значення результату вимірювань  $i$ /або нижнього порогового значення,  $i$ /або номінальної сили  $IN$  струму,  $i$ /або сили  $IK$  контурного струму;  $i$ /або

20 - більшим або таким самим, як порогове значення результату вимірювань  $i$ /або нижнє порогове значення;  $i$ /або

- максимум на задану частку більше, ніж порогове значення результату вимірювань  $i$ /або нижнє порогове значення, і ця частка становить переважно 5 % або 7 %, або 10 %, або 12 %, або 15 %, або 20 %, або 25 %, або 30 %, або 35 %, або 40 %, або 45 %, або 50 %, або 60 %, або 80 %, або 100 %, або 120 %, або 150 %, або 200 %, або 250 %, або 300 %;  $i$ /або

25 - меншим, аніж верхнє порогове значення;  $i$ /або

- меншим або таким самим, як задана частка сили  $IK$  контурного струму, і ця частка становить переважно 60 % або 50 %, або 40 %, або 30 %, або 25 %, або 20 %, або 17 %, або 15 %, або 12 %, або 11 %, або 10 %, або 7 %, або 5 %;

30 - меншим або таким самим, як задана частка номінальної сили  $IN$  струму, і ця частка становить переважно 25 % або 20 %, або 17 %, або 15 %, або 12 %, або 11 %, або 10 %, або 7 %, або 5 %.

Контрольний режим А:

Переважно передбачено, що в режимі А

35 - контрольний момент  $tT$  часу встановлюють на момент перед здійсненням стадії b перемикання.

Контрольний режим В:

Переважно передбачено, що в режимі В

- контрольний момент  $tT$  часу встановлюють на момент після здійснення стадії b перемикання.

40 - переважно передбачено, що

- в ході перевірки

- реєструють струм  $i_2$ , який тече у першому перехідному ланцюгу, і порівнюють виміряне значення із заданим нижнім пороговим значенням контурного струму;

45 - при перевищенні заданого порогового значення результат перевірки оцінюють як позитивний, в іншому випадку – як негативний.

Переважно передбачено, що

- в ході перевірки

50 - реєструють струм  $i_3$ , який тече в перехідному ланцюгу або через перший або другий відводи обмотки, і порівнюють виміряне значення із заданим верхнім пороговим значенням контурного струму;

- якщо виміряне значення є нижчим, ніж задане порогове значення, результат перевірки оцінюють як позитивний, а в іншому випадку – як негативний.

Переважно передбачено, що нижнє порогове значення контурного струму встановлюють

55 - залежно від номінальної сили  $IN$  струму  $i$ /або сили  $IK$  контурного струму,  $i$ /або сили  $IL$  навантажувального струму;  $i$ /або

- залежно від величини опору першого перехідного резистора, включеного у перший перехідний ланцюг,  $i$ /або величини опору другого перехідного резистора, включеного у другий перехідний ланцюг;

- меншим або таким самим, як задана частка сили ІК контурного струму, і ця частка становить переважно 60 % або 50 %, або 40 %, або 30 %, або 25 %, або 20 %, або 17 %, або 15 %, або 12 %, або 11 %, або 10 %, або 7 %, або 5 %;

5 - меншим або таким самим, як задана максимальна частка номінальної сили ІN струму і/або більшим або таким самим, як задана мінімальна частка номінальної сили ІN струму, і максимальна частка становить переважно 60 % або 55 %, або 50 %, або 45 %, або 40 %, або 35 %, або 30 %, і/або мінімальна частка становить переважно 50 % або 45 %, або 40 %, або 35 %, або 30 %, або 25 %, або 20 %.

Переважно передбачено, що верхнє порогове значення контурного струму встановлюють

10 - залежно від номінальної сили ІN струму і/або сили ІК контурного струму, і/або сили ІL навантажувального струму; і/або

- залежно від значення опору першого перехідного резистора, включеного в перший перехідний ланцюг, і/або значення опору другого перехідного резистора, включеного в другий перехідний ланцюг;

15 - більшим, аніж нижнє порогове значення контурного струму; і/або

- меншим або таким самим, як задана частка сили ІК контурного струму, і ця частка становить переважно 90 % або 80 %, або 70 %, або 60 %, або 55 %, або 50 %, або 45 %, або 40 %;

20 - меншим або таким самим, як задана частка ІN номінальної сили струму, і ця частка становить переважно 80 % або 75 %, або 70 %, або 65 %, або 60 %, або 55 %, або 50 %, або 45 %, або 40 %, або 35 %, або 30 %, або 25 %, або 20 %.

Переважно передбачено, що

- контрольний момент  $tT$  часу встановлюють на момент через заданий час  $TV$  затримки після початку здійснення стадії b перемикання.

25 Загальні залежні пункти формули винаходу для головного ланцюга

Переважно передбачено, що

- контрольний момент  $tT$  часу і/або час  $TV$  затримки встановлюють залежно від першого моменту  $tN$  переходу навантажувального струму через нуль з початку здійснення стадії a перемикання.

30 Переважно передбачено, що перевірку здійснюють

- у межах контрольного часового інтервалу  $TT$ , який триває від першого моменту  $tN$  переходу навантажувального струму через нуль з початку здійснення стадії a перемикання до контрольного моменту  $tT$  часу; і/або

35 - після або починаючи з першого моменту  $tN$  переходу навантажувального струму через нуль з початку здійснення стадії a перемикання і до контрольного моменту  $tT$  часу.

Згідно з другим аспектом винаходу запропонований спосіб зміни кількості активних витків регульовальної обмотки в електричній установці, який зокрема сконфігурований згідно з першим аспектом, причому

40 - регульовальну обмотку, яка розрахована на задану номінальну силу ІN струму і має перший і другий відводи обмотки, приєднують до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду;

45 - із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від першого відводу обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу, а другий відвід обмотки від'єднаний від силового відводу, згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання здійснюють перемикання в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу обмотки по другому головному ланцюгу до силового відводу, а перший відвід обмотки від'єднаний від силового відводу;

- згідно зі схемою послідовності операцій перемикання

50 - виходячи з першого режиму сталого струму на стадії a перемикання перший відвід обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний, або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом, а перший головний ланцюг від'єднують;

- після здійснення стадії a перемикання на стадії b перемикання другий відвід обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом, у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між першим і другим відводом обмотки контурний струм  $iK$  тече по перехідних ланцюгах;

55 - після здійснення стадії b перемикання на стадії c перемикання від'єднують перший перехідний ланцюг;

- після здійснення стадії c перемикання на стадії d перемикання другий відвід обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом;



- принаймні в один заданий контрольний момент  $tT$  часу між стадіями  $c$  і  $d$  перемикання перевіряють від'єднання першого перехідного ланцюга;
- визначають силу  $IL$  навантажувального струму;
- встановлюють контрольний момент  $tT$  часу залежно від сили  $IL$  навантажувального струму.

5 Таким чином, цей запропонований спосіб дозволяє здійснювати перевірку здійснення належного від'єднання першого перехідного ланцюга. Переважно на стадії  $c$  перемикання шляхом від'єднання першого перехідного ланцюга перший відвід обмотки від'єднують від силового відводу або між стадіями  $c$  і  $d$  перемикання перший відвід обмотки від'єднують від силового відводу.

10 Цей спосіб сконфігурований переважно як симетричний, тому при перемиканні у зворотному напрямку, тобто із другого у перший режим сталого струму забезпечується аналогічна перевірка здійснення належного від'єднання другого перехідного ланцюга.

Від'єднання першого відводу обмотки від силового відводу здійснюють переважно або на стадії  $c$  перемикання, або між стадіями  $c$  і  $d$  перемикання.

15 Переважно передбачено, що в ході перевірки

- реєструють струм  $i_2$ , який тече у першому перехідному ланцюгу, і порівнюють виміряне значення із заданим пороговим значенням результату вимірювань;
- якщо результат вимірювання є нижчим, ніж задане порогове значення, результат перевірки оцінюють як позитивний, а в іншому випадку – як негативний.

20 Якщо отримують принаймні два результати перевірки, наприклад, один результат перевірки струму  $i_1$  у першому головному ланцюгу і/або один результат перевірки струму  $i_2$  в першому перехідному ланцюгу, і/або один результат перевірки струму  $i_3$  в другому перехідному ланцюгу або через перший або другий відводи обмотки, тоді переважно загальний результат перевірки оцінюють як негативний, навіть якщо лише один із результатів перевірки буде негативним, і/або загальний результат перевірки оцінюють як позитивний, допоки всі результати перевірки є позитивними і/або не негативними.

25 Переважно передбачено, що

- контрольний момент  $tT$  часу встановлюють на момент через заданий час  $TV$  затримки після початку здійснення стадії  $c$  перемикання.

30 Переважно передбачено, що

- контрольний момент  $tT$  часу встановлюють на момент до або невдовзі після здійснення стадії  $d$  перемикання.

Проміжок часу, через який встановлюють контрольний момент  $tT$  часу невдовзі після здійснення стадії  $d$  перемикання, залежить переважно від параметрів перехідних резисторів.

35 Переважно передбачено, що

- контрольний момент  $tT$  часу і/або час  $TV$  затримки встановлюють залежно від першого моменту  $tN$  переходу навантажувального струму через нуль з початку здійснення стадії  $c$  перемикання.

40 Переважно передбачено, що

- перевірку здійснюють у межах контрольного часового інтервалу  $TT$ , який триває від першого моменту  $tN$  переходу навантажувального струму через нуль з початку здійснення стадії  $c$  перемикання до контрольного моменту  $tT$  часу; і/або

- перевірку здійснюють після або починаючи з першого моменту  $tN$  переходу навантажувального струму через нуль з початку здійснення стадії  $c$  перемикання до контрольного моменту  $tT$  часу.

45 Переважно передбачено, що

- згідно зі схемою послідовності операцій перемикання
- на стадії  $a$  перемикання від'єднують перший головний ланцюг шляхом розмикання першого роз'єднувача в першому головному ланцюгу; і/або

50 - на стадії  $c$  перемикання перший відвід обмотки від'єднують від силового відводу шляхом від'єднання першого перехідного ланцюга, зокрема шляхом розмикання другого роз'єднувача в першому перехідному ланцюгу; і/або

- шляхом/після здійснення стадії  $d$  перемикання здійснюють перехід у другий режим сталого струму.

55 Переважно передбачено, що

- перевірку першого головного ланцюга здійснюють шляхом перевірки розмикання першого роз'єднувача; і/або

- перевірку першого перехідного ланцюга здійснюють шляхом перевірки розмикання другого роз'єднувача; і/або

- принаймні як один із роз'єднувачів застосовують масляний перемикач або вакуумний перемикальний елемент; і/або

- принаймні один із роз'єднувачів приводять у дію за допомогою безпосереднього приводу.

"Безпосередній привід" при цьому розуміють як привід, відомий, наприклад, для силового ступеневого перемикача з кількома роз'єднувачами, що містить, наприклад, для кожного роз'єднувача власний, окремий двигун, переміщення якого прямо і/або безпосередньо, і/або без затримки спричиняє переміщення і/або приведення в дію відповідного роз'єднувача, або принаймні для кожних двох роз'єднувачів чи для кожної групи із принаймні двох роз'єднувачів містить спільний керуючий привід і спільний двигун, переміщення якого прямо і/або безпосередньо, і/або без затримки спричиняє переміщення і/або приведення в дію відповідного спільного керуючого приводу.

Таким чином, безпосередній привід дозволяє простим чином надавати позитивне і негативне прискорення аж до зміни напрямку підпорядкованого йому роз'єднувача чи керуючого приводу. На відміну від цього, для силового ступеневого перемикача з кількома роз'єднувачами відомий привід, який для всіх роз'єднувачів містить спільний двигун, спільний пружинний енергоакумулятор і спільний керуючий привід. Керуючий привід містить зазвичай кулачковий диск, який приводять у дію двигуном, і роз'єднувачі переміщуються вздовж керуючого профілю цього кулачка, завдяки чому забезпечується їх приведення у дію в певній часовій послідовності, заданій формою кулачка.

Пружинний енергоакумулятор зі сторони входу приєднаний до двигуна, а зі сторони виходу – до керуючого приводу таким чином, що хоча переміщення двигуна прямо і безпосередньо спричиняє переміщення пружинного енергоакумулятора і утворення натягу його пружини, але керуючий привід і кулачковий диск, а разом із цим також роз'єднувач протягом цієї стадії напружування не переміщуються. Лише після досягнення заданого натягу пружини пружинний енергоакумулятор спрацьовує, причому відбувається стрибкоподібне вивільнення пружини, і лише це переміщення пружини прямо і безпосередньо спричиняє відповідно швидке переміщення керуючого приводу і кулачкового диску.

Переважно передбачено, що

- зміну кількості активних витків здійснюють за допомогою силового ступеневого перемикача, який приєднаний до відводів регульовальної обмотки.

Переважно передбачено, що силовий ступеневий перемикач

- приводять у дію за допомогою безпосереднього приводу; і/або

- містить принаймні один роз'єднувач.

Переважно передбачено, що

- час TV затримки встановлюють залежно від сили IL навантажувального струму.

Залежність часу TV затримки від сили IL навантажувального струму переважно є монотонно спадною або антитонною.

Переважно, зокрема в режимі А, передбачено, що

- силу IL навантажувального струму порівнюють із заданим верхнім пороговим значенням;

- якщо виміряне значення перевищує задане верхнє порогове значення, час tV затримки встановлюють на задане значення TV1, а в іншому випадку – на задане значення TV2>TV1.

Порівняння сили IL навантажувального струму з верхнім пороговим значенням здійснюють переважно перед здійсненням стадій а або b перемикачання, в режимі А переважно перед здійсненням стадії а перемикачання, а в режимі В - переважно перед здійсненням стадій а або b перемикачання.

Переважно, зокрема в режимі А, передбачено, що

- TV1 і/або TV2 встановлюють залежно від сили IL навантажувального струму і/або від тривалості DT від'єднання.

Тривалість від'єднання ланцюга розуміють як час, який є необхідним для повного від'єднання цього ланцюга. Якщо це від'єднання здійснюють, наприклад, за допомогою роз'єднувача, тоді тривалість від'єднання визначають як час, який є необхідним для повного розмикання роз'єднувача.

Переважно, зокрема в режимі А, передбачено, що

- задають перший часовий буфер TY1 і другий часовий буфер TY2>TY1;

-  $TV1 = T/2 + D1$  при  $D1 = DT + TY1$ ;

-  $TV2 = T/2 + D2$  при  $D2 = DT + TY2$ .

Переважно, зокрема в режимі А, передбачено, що

- перед здійсненням перевірки силу IL навантажувального струму порівнюють із заданим нижнім пороговим значенням;

- якщо виміряне значення перевищує задане нижнє порогове значення, здійснюють перевірку, а в іншому випадку виконують відповідний аварійний план, і зокрема не здійснюють перевірку.

5 Порівняння сили IL навантажувального струму з нижнім пороговим значенням здійснюють переважно перед здійсненням стадій а або б перемикавання, в режимі А переважно перед здійсненням стадії а перемикавання, а в режимі В переважно перед здійсненням стадій а або б перемикавання.

Переважно, зокрема в режимі А, передбачено, що

10 - порогове значення результату вимірювань щонайбільше дорівнює заданій частці номінальної сили IN струму, і ця частка становить переважно 20 % або 15 %, або 12 %, або 11 %, або 10 %, або 7 %, або 5 %, або 2 %, або 1 %.

Переважно, зокрема в режимі А, передбачено, що верхнє порогове значення встановлюють

- залежно від порогового значення результату вимірювань і/або номінальної сили IN струму і/або сили IK контурного струму; і/або

15 - більшим, аніж порогове значення результату вимірювань; і/або

- більшим або таким самим, як задане кратне порогового значення результату вимірювань, і це кратне становить 2 або 2,5, або 3, або 3,5, або 4, або 4,5, або 5, або 6, або 7; і/або

20 - меншим або таким самим, як задана частка сили IK контурного струму, і ця частка становить переважно 90 % або 80 %, або 70 %, або 60 %, або 55 %, або 50 %, або 45 %, або 40 %;

25 - меншим або таким самим, як задана максимальна частка номінальної сили IN струму і/або більшою або такою самою, як задана мінімальна частка номінальної сили IN струму, і максимальна частка становить переважно 75 % або 70 %, або 65 %, або 60 %, або 55 %, або 50 %, або 45 %, або 40 %, або 35 %, або 30 %, і/або мінімальна частка становить переважно 65 % або 60 %, або 55 %, або 50 %, або 45 %, або 40 %, або 35 %, або 30 %, або 25 %, або 20 %.

Переважно, зокрема в режимі А, передбачено, що нижнє порогове значення

- встановлюють залежно від порогового значення результату вимірювань і/або номінальної сили IN струму і/або сили IK контурного струму; і/або

30 - більшим або таким самим, як порогове значення результату вимірювань; і/або

- більшим на задану частку, ніж порогове значення результату вимірювань, і ця частка становить переважно 5 % або 7 %, або 10 %, або 12 %, або 15 %, або 20 %, або 25 %, або 30 %, або 35 %, або 40 %, або 45 %, або 50 %, або 60 %, або 80 %, або 100 %, або 120 %, або 150 %, або 200 %, або 250 %, або 300 %; і/або

35 - меншим, аніж верхнє порогове значення; і/або

- меншим або таким самим, як задана частка сили IK контурного струму, і ця частка становить переважно 60 % або 50 %, або 40 %, або 30 %, або 25 %, або 20 %, або 17 %, або 15 %, або 12 %, або 11 %, або 10 %, або 7 %, або 5 %;

40 - меншим або таким самим, як задана частка номінальної сили IN струму, і ця частка становить переважно 20 % або 17 %, або 15 %, або 12 %, або 11 %, або 10 %, або 7 %, або 5 %, або 2 %, або 1 %.

Переважно передбачено, що

- при негативному результаті перевірки виконують відповідний аварійний план, а в іншому випадку продовжують перемикавання згідно зі схемою послідовності операцій перемикавання; або

45 - при позитивному результаті перевірки продовжують перемикавання згідно зі схемою послідовності операцій перемикавання, а в іншому випадку виконують відповідний аварійний план.

Якщо одержані принаймні два результати перевірки, наприклад, результат перевірки струму і1 у першому головному ланцюгу і/або результат перевірки струму і2 в першому перехідному ланцюгу, і/або результат перевірки струму і3 у другому перехідному ланцюгу або через перший або другий відводи обмотки, тоді переважно виконують відповідний аварійний план, навіть якщо лише один із результатів перевірки виявиться негативним, і/або продовжують перемикавання згідно зі схемою послідовності операцій перемикавання, доки всі результати перевірки є позитивними і/або не негативними.

55 Переважно передбачено, що згідно з аварійним планом

- операції перемикавання, які досі здійснювали згідно зі схемою послідовності операцій, здійснюють у зворотній послідовності; і/або

- від'єднують установку від мережі змінного струму; і/або

60 - генерують попереджувальний сигнал, який відповідає відповідному негативному результату перевірки.

Згідно з третім аспектом винаходу запропонована електрична установка, виконана і/або призначена, і/або придатна для здійснення запропонованого способу, яка містить

- регульовальну обмотку, яка приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу  $I_N$  струму і має перший і другий відводи обмотки;

- силовий ступеневий перемикач, який підключений до відводів обмотки і містить

- силовий відвід;

- перший головний ланцюг;

- перший перехідний ланцюг;

- другий перехідний ланцюг;

- другий головний ланцюг;

- роз'єднувальний пристрій, виконаний із можливістю від'єднання та приєднання кожного головного ланцюга і кожного перехідного ланцюга;

- керувальний пристрій, приєднаний до роз'єднувального пристрою.

Згідно з четвертим аспектом винаходу запропонована електрична установка, яка виконана зокрема згідно з третім аспектом, що містить

- регульовальну обмотку, яка приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу  $I_N$  струму і має перший і другий відводи обмотки;

- силовий ступеневий перемикач, який підключений до відводів обмотки і містить

- силовий відвід;

- перший головний ланцюг;

- перший перехідний ланцюг;

- другий перехідний ланцюг;

- другий головний ланцюг;

- роз'єднувальний пристрій, виконаний із можливістю від'єднання і приєднання кожного головного ланцюга і кожного перехідного ланцюга;

- керувальний пристрій, який приєднаний до роз'єднувального пристрою;

причому

- силовий ступеневий перемикач виконаний з можливістю для зміни кількості активних витків регульовальної обмотки

- із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від першого відводу обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу, а другий відвід обмотки від'єднаний від силового відводу, згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання здійснюють перемикання в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу обмотки по другому головному ланцюгу до силового відводу, а перший відвід обмотки від'єднаний від силового відводу;

- згідно зі схемою послідовності операцій перемикання

- виходячи з першого режиму сталого струму, на стадії а перемикання перший відвід обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний, або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом, а перший головний ланцюг від'єднують;

- після здійснення стадії а перемикання на стадії b перемикання другий відвід обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом, у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між першим і другим відводами обмотки контурний струм  $i_K$  тече по перехідних ланцюгах;

- після здійснення стадії перемикання b на стадії c перемикання перший відвід обмотки від'єднують від силового відводу;

- після здійснення стадії c перемикання на стадії d перемикання другий відвід обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом;

- керувальний пристрій виконаний з можливістю

- здійснення перевірки від'єднання першого головного ланцюга принаймні в один заданий контрольний момент  $t_T$  часу між стадіями а і с перемикання;

- визначення сили  $I_L$  навантажувального струму;

- встановлення контрольного моменту  $t_T$  часу залежно від сили  $I_L$  навантажувального струму.

Ця установка переважно розрахована і/або призначена, і/або придатна для здійснення запропонованого способу.

Таким чином, кожна з цих запропонованих установок може перевіряти здійснення належного від'єднання першого головного ланцюга.

Кожна з цих запропонованих установок сконфігурована переважно як симетрична, завдяки чому при перемиканні у зворотному напрямку, тобто із другого режиму сталого струму в перший режим сталого струму, може аналогічно перевіряти здійснення належного від'єднання другого головного ланцюга.

5 Кожна з цих запропонованих установок в разі необхідності може бути виконана будь-яким чином і містити, наприклад, принаймні одну або не містити жодної додаткової регульовальної обмотки і/або містити принаймні один або не містити жодного додаткового силового ступеневого перемикача, і/або містити принаймні одну основну обмотку.

10 Силовий перемикач у разі необхідності може бути виконаний будь-яким чином і містити, наприклад, принаймні один струмообмежувальний елемент, який містить, наприклад, принаймні один резистор і/або принаймні один дросель.

Визначення сили струму здійснюють переважно перед здійсненням стадії а перемикання.

Переважно передбачено, що

15 - керувальний пристрій містить датчик навантажувального струму, виконаний із можливістю реєстрації навантажувального струму, генерування відповідного вимірювального сигналу і для визначення сили IL навантажувального струму

- використання цього вимірювального сигналу.

Переважно передбачено, що

- керувальний пристрій виконаний з можливістю

20 - на підставі цього вимірювального сигналу визначення моментів переходу навантажувального струму через нуль і/або першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль із початку здійснення стадії а перемикання і/або першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль з початку здійснення стадії b перемикання.

Переважно передбачено, що

25 - керувальний пристрій містить датчик струму, виконаний із можливістю реєстрації струму  $i_1$ , який тече у першому головному ланцюгу, генерування відповідного вимірювального сигналу і для перевірки

- порівняння цього вимірювального сигналу із заданим пороговим значенням результату вимірювань;

30 - якщо результат вимірювань є нижчим, ніж задане порогове значення, оцінки результату перевірки як позитивного, а в іншому випадку – як негативного.

Переважно передбачено, що

35 - керувальний пристрій містить датчик струму, виконаний із можливістю реєстрації струму  $i_2$ , який тече у першому перехідному ланцюгу, його порівняння з відповідним вимірювальним сигналом і в режимі В для перевірки

- порівняння цього вимірювального сигналу із заданим нижнім пороговим значенням контурного струму;

- якщо виміряне значення перевищує задане порогове значення, оцінки результату перевірки як позитивного, а в іншому випадку – як негативного.

40 Переважно передбачено, що

- керувальний пристрій містить датчик струму, виконаний із можливістю реєстрації струму  $i_3$ , який тече у другому перехідному ланцюгу або через перший або другий відводи обмотки, генерування відповідного вимірювального сигналу і в режимі В для перевірки

45 - порівняння цього вимірювального сигналу із заданим верхнім пороговим значенням контурного струму;

- якщо виміряне значення є нижчим, ніж задане порогове значення, оцінки результату перевірки як позитивного, а в іншому випадку – як негативного.

Згідно з п'ятим аспектом винаходу запронована електрична установка, виконана зокрема згідно з третім і/або четвертим аспектом, яка містить

50 - регульовальну обмотку, яка приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу  $I_N$  струму і має перший і другий відвід обмотки;

- силовий ступеневий перемикач, підключений до відводів обмотки, що містить

- силовий відвід;

55 - перший головний ланцюг;

- перший перехідний ланцюг;

- другий перехідний ланцюг;

- другий головний ланцюг;

60 - роз'єднувальний пристрій, виконаний із можливістю від'єднання і приєднання кожного головного ланцюга і кожного перехідного ланцюга;

- керувальний пристрій, приєднаний до роз'єднувального пристрою;  
причому
- силовий ступеневий перемикач для зміни кількості активних витків регульовальної обмотки виконаний із можливістю
- 5 - здійснення перемикання згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від першого відводу обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу, а другий відвід обмотки від'єднаний від силового відводу, в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу обмотки по другому головному ланцюгу до силового відводу, а
- 10 перший відвід обмотки від'єднаний від силового відводу;
  - згідно зі схемою послідовності операцій перемикання
  - виходячи з першого режиму сталого струму, на стадії а перемикання перший відвід обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом, а перший головний ланцюг від'єднують;
  - 15 - після здійснення стадії а перемикання на стадії b перемикання другий відвід обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом, у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між першим і другим відводом обмотки контурний струм  $i_K$  тече по перехідних ланцюгах;
  - після здійснення стадії b перемикання на стадії c перемикання від'єднують перший
  - 20 перехідний ланцюг;
  - після здійснення стадії c перемикання на стадії d перемикання другий відвід обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом;
  - керувальний пристрій виконаний із можливістю
  - здійснення перевірки від'єднання першого перехідного ланцюга принаймні в один заданий
  - 25 контрольний момент  $t_T$  часу між стадіями c і d перемикання;
  - визначення сили  $I_L$  навантажувального струму;
  - визначення контрольного моменту  $t_T$  часу залежно від сили  $I_L$  навантажувального струму.
- Ця установка переважно виконана і/або призначена, і/або придатна для здійснення запропонованого способу. Таким чином, кожна з цих запропонованих установок може
- 30 перевіряти здійснення належного від'єднання першого перехідного ланцюга.
- Кожна з цих запропонованих установок сконфігурована переважно як симетрична, тому при перемиканні в зворотному напрямку, тобто із другого в перший режим сталого струму, аналогічно може перевіряти здійснення належного від'єднання другого перехідного ланцюга.
- Від'єднання першого відводу обмотки від силового відводу здійснюють переважно або на
- 35 стадії c перемикання, або між стадіями c і d перемикання.
- Визначення сили  $I_L$  струму здійснюють переважно перед здійсненням стадії c перемикання.
- Переважно передбачено, що
- керувальний пристрій містить датчик струму, виконаний із можливістю реєстрації струм  $i_2$ , який тече по першому перехідному ланцюгу, генерування відповідного вимірювального сигналу
- 40 і для перевірки
- порівняння цього вимірювального сигналу із заданим пороговим значенням результату вимірювань;
- якщо вимірюваний сигнал є нижчим, ніж задане порогове значення, оцінки результату перевірки як позитивного, а в іншому випадку – як негативного.
- 45 Переважно передбачено, що
- роз'єднувальний пристрій містить
- перший роз'єднувач, встановлений у першому головному ланцюгу;
- другий роз'єднувач, встановлений у першому перехідному ланцюгу;
- третій роз'єднувач, встановлений у другому перехідному ланцюгу;
- 50 - четвертий роз'єднувач, встановлений у другому головному ланцюгу.
- Роз'єднувальний пристрій у разі необхідності може бути виконаний будь-яким чином і містити, наприклад, принаймні один або не містити жодного додаткового роз'єднувача.
- Переважно передбачено, що
- силовий ступеневий перемикач містить безпосередній привід для роз'єднувачів;
- 55 - керувальний пристрій приєднаний до безпосереднього приводу і виконаний із можливістю згідно з аварійним планом
- керування безпосереднім приводом для здійснення операцій перемикання, які досі здійснювали згідно зі схемою послідовності операцій перемикання, у зворотній послідовності.
- Переважно передбачено, що

- безпосередній привід містить для кожного роз'єднувача власний окремий двигун, який приєднаний до відповідного роз'єднувача; або

- безпосередній привід містить для кожних принаймні двох роз'єднувачів спільний керуючий привід, приєднаний до відповідних роз'єднувачів, і спільний двигун, приєднаний до відповідного спільного керуючого приводу.

Переважно передбачено, що

- безпосередній привід містить для кожного роз'єднувача власний окремий двигун, який приєднаний до відповідних роз'єднувачів.

Переважно передбачено, що

- кожен окремий двигун приєднаний до відповідного роз'єднувача таким чином, що його переміщення прямо і/або безпосередньо, і/або без затримки спричиняє переміщення і/або приведення в дію цього роз'єднувача. Кожне з'єднання між окремим двигуном і відповідним роз'єднувачем може містити принаймні один вал і/або принаймні один редуктор.

Переважно передбачено, що

- безпосередній привід містить для кожних принаймні двох роз'єднувачів спільний керуючий привід, який приєднаний до відповідних роз'єднувачів, і спільний двигун, який приєднаний до відповідного спільного керуючого приводу.

Переважно передбачено, що

- кожен спільний керуючий привід приєднаний до відповідних роз'єднувачів таким чином, що його переміщення прямо і/або безпосередньо, і/або без затримки спричиняє переміщення і/або приведення в дію цього роз'єднувача; і/або

- кожен спільний двигун таким чином приєднаний до відповідного спільного керуючого приводу, що його переміщення прямо і/або безпосередньо, і/або без затримки спричиняє переміщення цього керуючого приводу.

Кожне з'єднання між спільним керуючим приводом і відповідними роз'єднувачами і кожне з'єднання між спільним двигуном і відповідним спільним керуючим приводом може містити, наприклад, принаймні один вал і/або принаймні один редуктор. Кожен спільний керуючий привід містить зазвичай кулачковий диск, який приводять у дію відповідним спільним двигуном, і відповідні роз'єднувачі переміщують вздовж профіля кулачка, внаслідок чого забезпечується можливість приведення їх у дію в певній часовій послідовності залежно від форми кулачка. Безпосередній привід дозволяє простим чином утворювати позитивне та негативне прискорення переміщення відповідних роз'єднувачів і керуючих приводів аж до зміни напрямку.

Переважно передбачено, що

- принаймні один із роз'єднувачів виконаний як масляний перемикач або як вакуумний перемикальний елемент.

Переважно передбачено, що

- принаймні один із датчиків струму містить перетворювач струму насичення. У кожному із запропонованих способів і в кожній установці від'єднання ланцюга і/або розмикання роз'єднувача здійснюють переважно гальванічно.

Переважно передбачено, що

- установка містить регульований або змінюваний компенсаційний дросель для підведення індуктивної реактивної потужності в мережу змінного струму і/або для компенсації ємнісної реактивної потужності з мережі змінного струму, а регульовальна обмотка утворює принаймні частину компенсаційного дроселя; і/або

- установка містить регульовальний трансформатор із первинною і вторинною сторонами, а регульовальна обмотка утворює принаймні частину первинної або вторинної сторони.

Опис і пояснення до одного з аспектів винаходу, зокрема окремих ознак цього аспекту, аналогічно є чинними відповідно також для інших аспектів винаходу.

Далі форми виконання винаходу пояснюються докладніше на прикладах із посиланням на додані креслення. Проте, окремі ознаки, які впливають із цього, не обмежуються окремими формами виконання, а можуть бути поєднані і/або скомбіновані з описаними вище окремими ознаками і/або з окремими ознаками інших форм виконання. Подробиці на кресленнях слід розуміти як наведені лише для пояснення, але не для обмеження. Позиційні позначення у пунктах формули винаходу жодною мірою не обмежують обсягу охорони винаходу, а лише вказують на зображені на кресленнях форми виконання.

На кресленнях наведено:

Фіг. 1 Перша форма виконання електричної установки з першою формою виконання силового ступеневого перемикача в першому режимі сталого струму;

Фіг. 2 Силовий ступеневий перемикач з фіг. 1 на першій перехідній стадії після здійснення стадії а перемикачання;

Фіг. 3 Силовий ступеневий перемикач з фіг. 1 на другій перехідній стадії після здійснення стадія b перемикачання;

Фіг. 4 Силовий ступеневий перемикач з фіг. 1 на третій перехідній стадії після здійснення стадії c перемикачання;

5 Фіг. 5 Силовий ступеневий перемикач з фіг. 1 у другому режимі сталого струму після здійснення стадії d перемикачання;

Фіг. 6 Друга форма виконання електричної установки із другою формою виконання силового ступеневого перемикача в першому режимі сталого струму;

10 Фіг. 7 Діаграма з часовою характеристикою струму в першому головному ланцюгу першої фази при великому навантажувальному струмі;

Фіг. 8 Діаграма аналогічно фіг. 7 для другої фази зі зсувом на  $120^\circ$  відносно першої фази;

Фіг. 9 Діаграма аналогічно фіг. 7 при середньому навантажувальному струмі;

Фіг. 10 Діаграма аналогічно фіг. 9 для другої фази зі зсувом на  $120^\circ$  відносно першої фази;

Фіг. 11 Діаграма аналогічно фіг. 7 при невеликому навантажувальному струмі;

15 Фіг. 12 Діаграма аналогічно фіг. 11 з часовою характеристикою струму в першому перехідному ланцюгу;

Фіг. 13 Діаграма аналогічно фіг. 11 з часовою характеристикою струму в другому перехідному ланцюгу;

20 Фіг. 14 Діаграма аналогічно фіг. 7 з часовою характеристикою струму в першому перехідному ланцюгу першої фази.

На фіг. 1 схематично зображена перша форма виконання електричної установки 10, яка в даному прикладі утворює регульований компенсаційний дросель для забезпечення і/або підведення реактивної потужності у трифазну мережу змінного струму (не зображену на кресленні) і для компенсації ємнісної реактивної потужності із мережі змінного струму. Мережа змінного струму має, наприклад, частоту 50 Гц і, таким чином, тривалість періоду  $T=20$  мс.

25 Установа 10 у цій формі виконання для кожної фази U, V, W мережі змінного струму містить виконаний згідно з першою формою виконання силовий ступеневий перемикач 11 і регульовальну обмотку 12, причому зображена лише частина установки 10, яка призначена для однієї фази U. Регульовальна обмотка 12 має кілька відводів, із яких на кресленні зображені лише перший 121 і другий 122 відводи обмотки, а також перший кінець 123 обмотки, який приєднаний до мережного проводу N мережі змінного струму, та другий кінець 124 обмотки і розрахована на задану номінальну силу  $I_N$  струму. У разі необхідності між першим кінцем 123 обмотки і мережним проводом N може бути включена принаймні одна основна обмотка (не зображена на кресленні) і/або принаймні одна додаткова регульовальна обмотка (не зображена на кресленні). Другий кінець 124 обмотки у даному прикладі виконаний як третій відвід обмотки, проте, в разі необхідності може бути підключений до нульової точки з'єднання зіркою або до вершини схеми з'єднання трикутником.

30 Силовий ступеневий перемикач 11 містить селектор 13 із двома рухомими контактами 131, 132 і трьома нерухомими контактами 133, 134, 135, силовий перемикач 14, який підключений до селектора 13, силовий відвід 15, який підключений до силового перемикача 14, безпосередній привід 16 для селектора 13 і силового перемикача 14 та виконаний згідно з першою формою виконання керувальний пристрій 17 із блоком 171 керування, який з'єднаний із безпосереднім приводом 16. Перший нерухомий контакт 133 підключений до першого відводу 121 обмотки, другий нерухомий контакт 134 підключений до другого відводу 122 обмотки, а третій нерухомий контакт 135 – до третього відводу обмотки чи другого кінця 124 обмотки. Рухомі контакти 131, 132 в даному прикладі контактують із першим 121 та другим 122 відводами обмотки; проте, кожен рухомий контакт 131, 132 за допомогою безпосереднього приводу 16 може бути на вибір переміщений до третього відводу 124 обмотки або одного з інших відводів обмотки і введений у контакт із ними.

50 Силовий відвід 15 з'єднаний, наприклад, із масою; проте, в разі необхідності він може бути з'єднаний також із потенціалом землі або може бути підключений до нульової точки з'єднання зіркою чи до вершини схеми з'єднання трикутником, або до силового відводу (не зображеного на кресленні), який підпорядкований фазі V установки 10, і/або силового відводу (не зображеного на кресленні), який підпорядкований фазі W установки 10, або до силового відводу (не зображеного на кресленні) додаткового силового ступеневого перемикача (не зображеного на кресленні), який підпорядкований фазі U установки 10 і підключений до додаткової регульовальної обмотки (не зображеної на кресленні). У цій формі виконання силового ступеневого перемикача 11 силовий перемикач 14 містить роз'єднувальний пристрій 18 із чотирма роз'єднувачами або вакуумними перемикальними елементами 19, 20, 21, 22, які приводять у дію безпосереднім приводом 16, і два перехідних резистори 23, 24.



Вакуумні перемикальні елементи 19-22 і перехідні резистори 23, 24 симетрично розподілені між двома ланками. Перша ланка містить паралельну схему з першого вакуумного перемикального елемента 19 і першої послідовної схеми з першого перехідного резистора 23 і другого вакуумного перемикального елемента 20, а друга ланка містить паралельну схему з четвертого вакуумного перемикального елемента 22 і другої послідовної схеми з другого перехідного резистора 24 і третього вакуумного перемикального елемента 21. У першій ланці перший вакуумний перемикальний елемент 19 утворює перший головний ланцюг, а перша послідовна схема 20/23 – перший перехідний ланцюг. В другій ланці четвертий вакуумний перемикальний елемент 22 утворює другий головний ланцюг, а друга послідовна схема 21/24 – другий перехідний ланцюг.

Роз'єднувальний пристрій 18 виконаний з можливістю на вибір від'єднання або приєднання кожного головного ланцюга і кожного перехідного ланцюга за допомогою вакуумних перемикальних елементів 19 – 22, які приводять у дію безпосереднім приводом 16.

Силовий ступеневий перемикач 11 виконаний з можливістю для зміни кількості активних витків регульовальної обмотки 12, тобто для зміни частини регульовальної обмотки 12, через яку тече навантажувальний струм  $i_L$ , здійснення перемикання згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм  $i_L$  тече від першого відводу 121 обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу 15, а другий відвід 122 обмотки від'єднаний від силового відводу 15, в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу 122 обмотки по другому головному ланцюгу до силового відводу 15, а перший відвід 121 обмотки від'єднаний від силового відводу 15. Керувальний пристрій 17 у цій формі виконання містить для кожного роз'єднувача датчик струму 25, 26, 27, 28, кожен із яких виконаний в формі перетворювача струму насичення, а також датчик 29 навантажувального струму, який виконаний у формі перетворювача струму насичення. Перший датчик струму 25 встановлений на лінії до першого роз'єднувача 19 і може реєструвати струм  $i_1$ , який тече по першому головному ланцюгу, і генерувати відповідний перший вимірювальний сигнал.

Другий датчик струму 26 встановлений на лінії до другого роз'єднувача 20 і може реєструвати струм  $i_2$ , який тече по першому перехідному ланцюгу, та генерувати відповідний другий вимірювальний сигнал. Третій датчик струму 27 встановлений на лінії до третього роз'єднувача 21 і може реєструвати струм  $i_3$ , який тече в другому перехідному ланцюгу, та генерувати відповідний третій вимірювальний сигнал. Четвертий датчик струму 28 встановлений на лінії до четвертого роз'єднувача 22 і може реєструвати струм  $i_4$ , який тече в другому головному ланцюгу, та генерувати відповідний четвертий вимірювальний сигнал. Датчик 29 навантажувального струму встановлений на лінії між кінцем 123 обмотки і мережним проводом N і може реєструвати навантажувальний струм  $i_L$ , який тече через регульовальну обмотку 12, та генерувати відповідний п'ятий вимірювальний сигнал.

На фіг. 1 зображений силовий ступеневий перемикач 11 у першому режимі сталого струму, в якому навантажувальний струм  $i_L$  тече від мережного проводу N до першого відводу 121 обмотки, а звідти далі по першому головному ланцюгу до силового відводу 15, а другий відвід 122 обмотки від'єднаний від силового відводу. Для цього перші вакуумні перемикальні елементи 19 замкнуті, а третій і четвертий вакуумні перемикальні елементи 21, 22 розімкнуті. Крім цього, в цій формі виконання силового ступеневого перемикача 11, наприклад, перший відвід 121 обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний із силовим відводом 15. Для цього другий вакуумний перемикальний елемент 20 замкнутий. Проте, можливим є також варіант, в якому другий вакуумний перемикальний елемент 20 розімкнутий, внаслідок чого перший відвід 121 обмотки не з'єднаний через перший перехідний ланцюг із силовим відводом 15.

Силовий ступеневий перемикач 11 виконаний таким чином, що він для зміни кількості активних витків регульовальної обмотки 12 може здійснювати перемикання із першого режиму сталого струму згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання в другий режим сталого струму. У другому режимі сталого струму навантажувальний струм  $i_L$  тече від мережного проводу N до другого відводу 122 обмотки і звідти далі по другому головному ланцюгу до силового відводу 15, а перший відвід 121 обмотки від'єднаний від силового відводу. Для цього четвертий вакуумний перемикальний елемент 22 замкнутий, а перший і другий вакуумні перемикальні елементи 19, 20 розімкнуті. Крім цього, в цій формі виконання силового ступеневого перемикача 11, наприклад, другий відвід 122 обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднаний із силовим відводом 15. Для цього третій вакуумний перемикальний елемент 21 замкнутий. Проте, можливим є також варіант, в якому третій вакуумний перемикальний елемент 21 розімкнутий, внаслідок чого другий відвід 122 обмотки не з'єднаний через другий перехідний ланцюг із силовим відводом 15.

Далі описана ця схема послідовності операцій перемикачів.

На фіг. 2 зображений силовий ступеневий перемикач 11 на першій перехідній стадії після здійснення стадії а перемикачів. Згідно зі схемою послідовності операцій перемикачів, виходячи з першого режиму сталого струму на цій стадії перемикачів перший 121 відвід обмотки через перший перехідний ланцюг залишають з'єднаним із силовим відводом 15, або залишають з'єднаним, якщо він у першому режимі сталого струму був від'єднаний, а перший головний ланцюг від'єднують.

На фіг. 3 зображений силовий ступеневий перемикач 11 на другій перехідній стадії після здійснення стадії b перемикачів. Згідно зі схемою послідовності операцій перемикачів після здійснення стадії а перемикачів на цій стадії перемикачів другий відвід 122 обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом, у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між першим і другим відводами 121, 122 обмотки контурний струм  $i_K$  тече по перехідних ланцюгах.

На фіг. 4 зображений силовий ступеневий перемикач 11 на третій перехідній стадії після здійснення стадії с перемикачів. Згідно зі схемою послідовності операцій перемикачів після здійснення стадії b перемикачів на цій стадії перемикачів перший відвід 121 обмотки від'єднують від силового відводу.

На фіг. 5 зображений силовий ступеневий перемикач 11 у другому режимі сталого струму після здійснення стадії d перемикачів. Згідно зі схемою послідовності операцій перемикачів після здійснення стадії d перемикачів на цій стадії перемикачів другий відвід 122 обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом.

Керувальний пристрій 17 у цій формі виконання виконаний таким чином, що він за допомогою блоку 171 керування може

- задавати контрольний момент  $t_T$  часу між стадіями а і с перемикачів та принаймні в цей контрольний момент  $t_T$  часу перевіряти від'єднання першого головного ланцюга;

- визначати силу  $I_L$  навантажувального струму;

- визначати цей контрольний момент  $t_T$  часу залежно від сили  $I_L$  навантажувального струму;

- для визначення сили  $I_L$  навантажувального струму

- на підставі п'ятого вимірювального сигналу датчика 29 навантажувального струму утворювати, наприклад, ефективне значення;

- на підставі п'ятого вимірювального сигналу визначати переходи навантажувального струму  $i_L$  через нуль та перший момент  $t_N$  переходу навантажувального струму  $i_L$  через нуль з початку здійснення стадії а перемикачів і перший момент  $t_N$  переходу навантажувального струму  $i_L$  через нуль з початку  $t_b$  здійснення стадії b перемикачів;

- при позитивному результаті перевірки продовжувати перемикачів згідно зі схемою послідовності операцій перемикачів, а в іншому випадку виконувати аварійний план;

- згідно з аварійним планом

- керувати безпосереднім приводом таким чином, що здійснювані досі згідно зі схемою послідовності операцій перемикачів стадії перемикачів здійснюються у зворотному порядку;

- перед перевіркою може порівнювати силу  $I_L$  навантажувального струму із заданим пороговим значенням  $S_M$  для відповідного режиму і, якщо виміряне значення є меншим, ніж порогове значення, тобто якщо сила  $I_L$  навантажувального струму є меншою, ніж порогове значення  $S_M$  для відповідного режиму, здійснює перевірку згідно з режимом В, а в іншому випадку – згідно з режимом А;

- задавати час  $T_V$  затримки і встановлювати контрольний момент  $t_T$  часу на момент перед здійсненням стадії b перемикачів через час  $T_V$  затримки після початку  $t_a$  здійснення стадії а перемикачів;

- задавати контрольний часовий інтервал  $T_T$ , що дорівнює часу від першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль з початку  $t_a$  здійснення стадії а перемикачів до контрольного моменту  $t_T$  часу, і здійснювати перевірку в межах контрольного часового інтервалу  $T_T$ .

Таким чином, контрольний момент  $t_T$  часу і час  $T_V$  затримки залежать від першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль з початку  $t_a$  здійснення стадії а перемикачів.

Керувальний пристрій 17 у цій формі виконання виконаний таким чином, що він за допомогою блоку 171 керування в режимі А

- для перевірки

- порівнює перший вимірювальний сигнал першого датчика 25 струму із заданим пороговим значенням  $S_E$  результату вимірювань і, якщо виміряне значення є меншим, ніж порогове значення, тобто якщо цей вимірювальний сигнал є меншим, ніж порогове значення  $S_E$

результату вимірювань, оцінює результат перевірки як позитивний, а в іншому випадку – як негативний;

- до перевірки задає нижнє порогове значення SU, порівнює силу IL навантажувального струму із нижнім пороговим значенням SU і при перевищенні порогового значення, тобто якщо сила навантажувального струму є більшою, ніж нижнє порогове значення SU, здійснює перевірку, а в іншому випадку виконує аварійний план;

- задає верхнє порогове значення SO, порівнює силу IL навантажувального струму із верхнім пороговим значенням SO, і при перевищенні порогового значення, тобто якщо сила навантажувального струму є більшою, ніж верхнє порогове значення SO, встановлює час затримки tV на задане значення TV1, а в іншому випадку – на задане значення TV2>TV1;

- може задавати перший часовий буфер TY1 і другий часовий буфер TY2>TY1, причому  $TV1=T/2+D1$  при  $D1=DT+TY1$  і  $TV2=T/2+D2$  при  $D2=DT+TY2$  і DT означає тривалість від'єднання.

Таким чином, залежність часу TV затримки від сили IL навантажувального струму є антитонною. Отже, TV1 і TV2 пропорційно залежать від тривалості DT від'єднання. Наприклад: DT=1,5 мс, TY1=0 мс, TY2=2,5 мс, D1=1,5 мс, D2=4 мс, TV1=11,5 мс, TV2=14 мс.

Порогове значення SM для відповідного режиму становить, наприклад, 30 % номінальної сили струму IN. Порогове значення SE результату вимірювань становить, наприклад, 20 % номінальної сили струму IN. Верхнє порогове значення SO становить, наприклад, 70 % номінальної сили струму IN. Нижнє порогове значення SU становить, наприклад, 30 % номінальної сили струму IN і, таким чином, дорівнює пороговому значенню SM для відповідного режиму.

Керувальний пристрій 17 у цій формі виконання виконаний таким чином, що він за допомогою блоку 171 керування в режимі B

- для перевірки

- задає нижнє порогове значення SKU контурного струму, порівнює другий вимірювальний сигнал другого датчика струму 26 із нижнім пороговим значенням SKU контурного струму і при перевищенні цього порогового значення, тобто якщо цей вимірювальний сигнал є більшим, ніж нижнє порогове значення SKU контурного струму, оцінює результат перевірки як позитивний, а в іншому випадку - як негативний;

- задає верхнє порогове значення SKO контурного струму, порівнює третій вимірювальний сигнал третього датчика 27 струму із верхнім пороговим значенням SKO контурного струму, і якщо виміряне значення є нижчим, ніж порогове значення, тобто якщо цей вимірювальний сигнал є меншим, ніж верхнє порогове значення SKO контурного струму, оцінює результат перевірки як позитивний, а в іншому випадку – як негативний.

- задає час TV затримки і встановлює контрольний момент tT часу через час TV затримки після початку tb здійснення стадії b перемикачання;

Нижнє порогове значення SKU контурного струму становить, наприклад, 40 % номінальної сили струму IN. Верхнє порогове значення SKO контурного струму становить, наприклад, 80 % номінальної сили струму IN і, таким чином, перевищує нижнє порогове значення SKU контурного струму.

Керувальний пристрій 17 у цій формі виконання виконаний таким чином, що він за допомогою блоку 171 керування може

- задавати контрольний момент tT часу між стадіями c і d перемикачання і принаймні у цей контрольний момент tT часу перевіряти від'єднання першого перехідного ланцюга;

- визначати цей контрольний момент tT часу залежно від сили IL навантажувального струму;

- для перевірки

- порівнювати другий вимірювальний сигнал другого датчика 26 струму із пороговим значенням SE результату вимірювань і, якщо результат вимірювання є меншим, ніж порогове значення, тобто якщо вимірювальний сигнал є меншим, ніж порогове значення SE результату вимірювань, оцінювати результат перевірки як позитивний, а в іншому випадку - як негативний;

На фіг. 6 схематично зображена друга форма виконання установки 10. Ця форма виконання схожа з першою формою виконання, тому далі насамперед докладніше пояснюються відмінності між ними.

У цій формі виконання силовий ступеневий перемикач 11 відповідає другій формі виконання, яка схожа з першою формою виконання, тому далі насамперед докладніше пояснюються відмінності між ними.

У цій формі виконання силового ступеневого перемикача 11 перший і другий вакуумні перемикальні елементи 19, 20 першої ланки та третій і четвертий вакуумні перемикальні елементи 21, 22 другої ланки включені відповідно послідовно. Перший перехідний резистор 23 першої ланки включений між другим вакуумним перемикальним елементом 20 і першим

датчиком 25 струму, а другий перехідний резистор 24 другої ланки включений між третім вакуумним перемикальним елементом 21 і четвертим датчиком струму 28.

У першій ланці перший і другий вакуумні перемикальні елементи 19, 20 утворюють перший головний ланцюг, а другий вакуумний перемикальний елемент 20 і перший перехідний резистор 23 утворюють перший перехідний ланцюг. В другій ланці третій і четвертий вакуумні перемикальні елементи 21, 22 утворюють другий головний ланцюг, а третій вакуумний перемикальний елемент 21 і другий перехідний резистор 24 утворюють другий перехідний ланцюг.

Описана в зв'язку з першою формою виконання установки 10 схема послідовності операцій перемикання є чинною аналогічно також для цієї форми виконання установки 10.

На фіг. 7 зображена діаграма з часовою характеристикою струму  $i_1$  через перший вакуумний перемикальний елемент 19 у першому головному ланцюгу фази U при великому навантажувальному струмі  $I_L$  при  $SO < I_L$ .

Оскільки установка 10 у першій і другій формах виконання утворює регульований або змінюваний компенсаційний дросель для введення індуктивної реактивної потужності в мережу змінного струму  $i$  або для компенсації ємнісної реактивної потужності із мережі змінного струму, керувальний пристрій 17 у цій формі виконання містить, наприклад, регулятор реактивної потужності (не зображений на кресленні), задачею якого є регулювання реактивної потужності, отримуваної від компенсаційного дроселя чи установки 10,  $i$  або реактивної потужності, яка має бути компенсована,  $i$  або підтримувати реактивну потужність мережі змінного струму в заданому діапазоні.

Якщо регулятор реактивної потужності виявляє, наприклад, що реактивна потужність мережі змінного струму виходить за межі діапазону реактивної потужності, керувальний пристрій 17 генерує відповідний перемикальний сигнал для перемикання із першого режиму сталого струму, в якому установка 10 чи силовий ступеневий перемикач 11 перебуває на даний момент, у другий режим сталого струму, який дозволяє знову повернути реактивну потужність мережі змінного струму в межі діапазону реактивної потужності. Після того як керувальний пристрій 17 генерує цей перемикальний сигнал, він здійснює описаний вище відповідний винаходові або запропонований спосіб для зміни кількості активних витків регульовальної обмотки 12.

Спочатку керувальний пристрій 17 визначає силу  $I_L$  навантажувального струму, порівнює її з пороговим значенням  $SM$  для відповідного режиму, і в тому випадку, якщо виміряне значення виявляється меншим, ніж порогове значення, здійснює перевірку згідно з режимом B, а в іншому випадку – згідно з режимом A.

Оскільки навантажувальний струм  $i_L$  є великим,  $SO < I_L$  і  $SM < SO$ , отже  $SM < I_L$ , тому керувальний пристрій 17 вибирає режим A.

У момент часу  $t_a$  здійснюють стадію а перемикання, в момент часу  $t_b$  – стадію б перемикання, а в контрольний момент  $t_T$  часу здійснюють перевірку. Виникнення електричної дуги у розімкнутому на стадії а перемикання першому вакуумному перемикальному елементі 19 спочатку зазвичай не свідчить про несправність, що відображено лінією LB; струм  $i_1$  надалі тече в основному без змін через перший головний ланцюг. Перший вимірювальний сигнал першого датчика струму 25 відображений лінією MS; в момент часу  $t_1$  струм  $i_1$  перевищує порогове значення SE результату вимірювань, а в момент часу  $t_2$  струм  $i_1$  перевищує порогове значення SE результату вимірювань, тому цей вимірювальний сигнал MS до моменту  $t_1$  вимкнений (AUS), між моментами  $t_1$  і  $t_2$  ввімкнений (EIN), а після моменту  $t_2$  знову вимкнений (AUS). Зазвичай електрична дуга LB зникає у перший момент  $t_N$  переходу через нуль з моменту  $t_a$ , тому цей вимірювальний сигнал MS, починаючи з моменту  $t_N$ , все ще вимкнений (AUS). При несправності, тобто якщо перший вакуумний перемикальний елемент 19 не був розімкнений належним чином, електрична дуга LB не зникає в момент  $t_N$  переходу через нуль, що відображено пунктирною лінією LB, тому струм  $i_1$  все ще тече, як відображено пунктирною лінією  $i_1'$ , і цей вимірювальний сигнал MS ввімкнений (EIN), що відображено пунктирною лінією MS.

Для струму  $i_1$  між моментами часу  $t_a$  і  $t_N$  зазвичай  $i_1 = i_L$ , а починаючи з моменту  $t_N$  зазвичай  $i_1 = 0$ , що відображено потовщеною суцільною лінією  $i_1$ , і починаючи з моменту  $t_N$  у разі несправності  $i_1' = i_L$ , як відображено потовщеною пунктирною лінією  $i_1'$ .

Згідно з режимом A, керувальний пристрій 17 протягом часового інтервалу  $TT$  перевіряє, чи є струм  $i_1$  меншим, ніж порогове значення SE результату вимірювань. Для цього він перевіряє, вимкнений (AUS) чи ввімкнений (EIN) перший вимірювальний сигнал MS, і розпізнає не раніше ніж у момент часу  $t_3$  і не пізніше ніж у момент часу  $t_t$ , чи був цей вимірювальний сигнал MS протягом часового інтервалу  $TT$  відповідно до нормального випадку постійно вимкнений (AUS) або відповідно до випадку несправності принаймні один раз ввімкнений (EIN).

На фіг. 8 зображена діаграма відповідно до фіг. 7 із часовою характеристикою струму  $i_1$  через перший вакуумний перемикальний елемент 19 у першому головному ланцюгу фази V, яка на  $120^\circ$  зміщена відносно фази U, при великому навантажувальному струмі  $I_L$ . Для контролю першого вакуумного перемикального елемента 19 керувальний пристрій 17 вибирає контрольний момент  $t_T$  часу таким чином, що він встановлює заданий час затримки  $TV=TV_1$  після початку та здійснення стадії а перемикання. При цьому враховується, що також у фазі V, в якій електрична дуга LB зазвичай при належному розмиканні відповідного першого вакуумного перемикального елемента зникає пізніше, ніж у фазі U, залишається достатньо часу для оцінки відповідного першого вимірювального сигналу.

Оскільки момент  $t_a$  встановлений настільки близько перед моментом  $t_N$ , що перший вакуумний перемикальний елемент 19 при  $T_N$  ще не розімкнений повністю, електрична дуга LB також і в нормальному випадку може зникати не в момент часу  $t_N$ , а лише при наступному проходженні струму через нуль у момент часу  $t_{N'}$ .

Для струму  $i_1$  між моментами  $t_a$  і  $t_{N'}$  в нормальному випадку  $i_1=i_L$ , а починаючи з моменту  $t_{N'}$  в нормальному випадку  $i_1=0$ , як відображено потовщеною суцільною лінією  $i_1$ , і починаючи з моменту  $t_N$  у випадку несправності  $i_1'=i_L$ , як відображено потовщеною пунктирною лінією  $i_V$ .

На фіг. 9 зображена діаграма згідно з фіг. 7 із часовою характеристикою струму  $i_1$  фази U при середньому навантажувальному струмі  $i_L$  та  $SU<I_L<SO$ .

Оскільки навантажувальний струм  $I_L$  є середнім,  $SU<I_L<SO$  і  $SM=SU$  та  $SM<I_L$ , тому керувальний пристрій 17 вибирає режим А.

Оскільки цей середній навантажувальний струм  $I_L$  є меншим, ніж великий навантажувальний струм  $I_L$  згідно з фіг. 7 і 8, часовий інтервал між моментами  $t_1$  і  $t_2$  є більшим, аніж відповідний часовий інтервал при великому навантажувальному струмі  $I_L$ . Тому на підставі тривалості цього часового інтервалу можна визначати силу  $I_L$  навантажувального струму.

На фіг. 10 зображена діаграма згідно з фіг. 9 із часовою характеристикою струму  $i_1$  фази V при середньому навантажувальному струмі  $i_L$ . При цьому середньому навантажувальному струмі керувальний пристрій 17 задає час  $TV$  затримки  $=TV_2$ , який є більшим, аніж при великому навантажувальному струмі. Для цього, наприклад, він керує безпосереднім приводом 16 таким чином, що його швидкість порівняно з великим навантажувальним струмом зменшується.

На фіг. 11 зображена діаграма згідно з фіг. 7 із часовою характеристикою струму  $i_1$  фази U і часовою характеристикою струму  $i_2$  через другий вакуумний перемикальний елемент 20 у першому перехідному ланцюгу фази U при невеликому навантажувальному струмі  $I_L$  при  $I_L<SU=SM$ .

Оскільки навантажувальний струм  $i_L$  є невеликим,  $i_L<SU$  і  $SM=SU$  і в результаті  $I_L<SM$ , тому керувальний пристрій 17 вибирає режим В. При цьому невеликому навантажувальному струмі  $i_L$  здійснення перевірки згідно з режимом А не є можливим, як при великому і середньому навантажувальному струмі  $i_L$  згідно з фіг. 7-10, оскільки навантажувальний струм  $i_L$  ніколи не перевищує порогове значення SE результату вимірювань таким чином, що це можна надійно виявити і зареєструвати. Тому як у нормальному випадку, так і у випадку несправності перший вимірювальний сигнал MS вимкнений (AUS) до моменту часу  $t_1$ . В момент часу  $t_b$  в нормальному випадку при належному розмиканні першого вакуумного перемикального елемента 19 на стадії а перемикання і при належному замиканні другого вакуумного перемикального елемента 20 на стадії b перемикання контурний струм  $i_K$  тече через перший нерухомий контакт 133, перший перехідний ланцюг із другим вакуумним перемикальним елементом 20, другий перехідний ланцюг із третім вакуумним перемикальним елементом 21 і другим нерухомий контакт 134; додатково навантажувальний струм  $i_L$  тече через перший нерухомий контакт 133, перший перехідний ланцюг із другим вакуумним перемикальним елементом 20 і силовий відвід 15, і струм тече через перший головний ланцюг із першим вакуумним перемикальним елементом 19, дивіться фіг. 3. В результаті для струму  $i_2$  через перший перехідний ланцюг  $i_2=i_K+i_L$ , як зображено тонкою штриховою лінією, для струму  $i_3$ , який тече через другий перехідний ланцюг і третій вакуумний перемикальний елемент 21  $i_3=i_K$  (фіг. 13), а для струму  $i_1$  через перший головний ланцюг  $i_1=0$ .

У випадку несправності, тобто якщо перший вакуумний перемикальний елемент 19 на стадії а перемикання не був розімкнутий належним чином, електрична дуга LB не зникає в момент  $t_N$  переходу через нуль, тому перший перехідний ланцюг із першим перехідним резистором 23 шунтується першим головним ланцюгом, який майже не має опору, і контурний струм  $i_K$  тепер із подвійною силою струму, ніж у нормальному випадку, тече через перший головний ланцюг і другий перехідний ланцюг із другим перехідним резистором 24. Також сила  $i_L$  навантажувального струму тепер є помітно більшою, аніж в нормальному випадку в першому головному ланцюгу, тому для струму  $i_1$  через перший головний ланцюг у випадку несправності,

як зображено пунктирною лінією  $i1'$ , приблизно  $i1'=2xi2$ . а для струму  $i3'$  через другий перехідний ланцюг у випадку несправності (на фіг. 13 відображено пунктирною лінією  $i3'$ ),  $i3'=2xiK$ . Оскільки навантажувальний струм  $iL$  є невеликим при  $iL<SU$ , він не може компенсувати контурний струм  $iK$  також у найнесприятливішому випадку настільки ефективно, щоб у випадку несправності  $i1'<SU$  або навіть  $i1'<SE$ . Згідно з цим сила цього струму  $i1'$  є такою, що він може надійно перевищувати порогове значення  $SE$  результату вимірювань з можливістю реєстрації, тому цей вимірювальний сигнал  $MS$ , відображений пунктирною лінією  $MS$ , між моментами  $t1$  і  $t2$ , тобто до першого моменту  $tN$  переходу через нуль з моменту  $tb$ , і з моменту  $t3$ , тобто після моменту  $tN$ , ввімкнутий (EIN).

Для струму  $i1$ , починаючи з моменту  $tb$ , у нормальному випадку  $i1=0$ , як відображено потовщеною суцільною лінією  $i1$ , а у випадку несправності приблизно  $i1'=2xi2$ , як відображено потовщеною пунктирною лінією  $i1'$ .

Відповідно до режиму В керувальний пристрій 17 згідно з першим варіантом між стадіями b і с перемикає протягом часового інтервалу  $TT$ , який починається у момент часу  $tb$ , перевіряє, чи струм  $i1$  є меншим, ніж порогове значення  $SE$  результату вимірювань. Для цього він перевіряє, вимкнений (AUS) чи ввімкнений (EIN) перший вимірювальний сигнал  $MS$ , і у випадку несправності розпізнає не раніше ніж у момент часу  $t1$  і не пізніше ніж у момент часу  $tt$ , чи був цей вимірювальний сигнал  $MS$  протягом часового інтервалу  $TT$  відповідно до нормального випадку постійно вимкнений (AUS) або відповідно до випадку несправності принаймні один раз ввімкнений (EIN).

При цьому керувальний пристрій 17 для часового інтервалу  $TT$  вибрав значення  $TT=T/4$ .

На фіг. 12 зображена діаграма відповідно до фіг. 11 із часовою характеристикою струму  $i2$  фази U при невеликому навантажувальному струмі  $iL$ .

Для струму  $i2$  між інтервалами  $tb$  і  $tc$  в нормальному випадку  $i2=iK$ , як відображено потовщеною суцільною лінією  $i2$ , а у випадку несправності приблизно  $i2'<iL$ , як відображено потовщеною пунктирною лінією  $i2'$ . Відповідно до режиму В керувальний пристрій 17 згідно з другим варіантом між стадіями b і с перемикає протягом часового інтервалу  $TT$ , який починається у момент часу  $tb$ , перевіряє, чи перевищує струм  $i2$  нижнє порогове значення  $SKU$  контурного струму. Для цього він перевіряє, чи ввімкнений (EIN) або вимкнений (AUS) другий вимірювальний сигнал  $MS$  другого датчика струму 26, і не раніше ніж у момент часу  $t1$  і не пізніше ніж у момент часу  $tt$  розпізнає, чи був цей вимірювальний сигнал  $MS$  протягом часового інтервалу  $TT$  відповідно до нормального випадку принаймні один раз ввімкнений (EIN) або відповідно до випадку несправності постійно вимкнений (AUS).

При цьому керувальний пристрій 17 для часового інтервалу  $TT$  вибрав значення  $TT=T/2$ , а для порогового значення  $SE$  результату вимірювань другого датчика струму 26 – значення  $SE=SKU$ .

На фіг. 13 зображена діаграма відповідно до фіг. 12 із часовою характеристикою струму  $i3$  фази U при невеликому навантажувальному струмі  $iL$ .

Для струму  $i3$  між моментами  $tb$  і  $tc$  в нормальному випадку  $i3=iK$ , як відображено потовщеною суцільною лінією  $i3$ , а у випадку несправності  $i3'=2xiK$ , як відображено потовщеною пунктирною лінією  $i3'$ .

Відповідно до режиму В керувальний пристрій 17 згідно з третім варіантом між стадіями b і с перемикає протягом часового інтервалу  $TT$ , який починається у момент часу  $tb$ , перевіряє, чи є струм  $i3$  меншим, аніж верхнє порогове значення  $SKO$  контурного струму. Для цього він перевіряє, вимкнений (AUS) чи ввімкнений (EIN) третій вимірювальний сигнал  $MS$  третього датчика 27 струму, і розпізнає не раніше ніж у момент часу  $t1$  і не пізніше ніж у момент часу  $tt$ , чи був цей вимірювальний сигнал  $MS$  протягом часового інтервалу  $TT$  відповідно до нормального випадку постійно вимкнений (AUS) або відповідно до випадку несправності принаймні один раз ввімкнений (EIN).

При цьому керувальний пристрій 17 вибрав для часового інтервалу  $TT$  значення  $TT=T/2$ , а для порогового значення  $SE$  результату вимірювань третього датчика струму 27 – значення  $SE=SKO$ .

На фіг. 14 зображена діаграма відповідно до фіг. 7 із часовою характеристикою струму  $i2$  фази U при великому навантажувальному струмі  $iL$ . Для контролю другого вакуумного перемикального елемента 20 керувальний пристрій 17 вибирає контрольний момент  $tT$  часу на момент через заданий час  $TV$  затримки =  $TV1$  після початку  $tc$  здійснення стадії с перемикає. При цьому враховується, що також у фазі V, в якій електрична дуга LB при належному розмиканні відповідного другого вакуумного перемикального елемента 20 зникає пізніше, ніж у фазі U, залишається достатньо часу для оцінки другого вимірювального сигналу.

Для струму  $i_2$  між моментами  $t_a$  і  $t_N$  в нормальному випадку  $i_2 = i_K + i_L$  і починаючи з моменту  $t_N$  в нормальному випадку  $i_2 = 0$ , що відображено потовщеною суцільною лінією  $i_2$ , а починаючи з моменту  $t_N$  у випадку несправності  $i_2' = i_K + i_L$ , що відображено потовщеною пунктирною лінією  $i_2'$ .

- 5 Керувальний пристрій 17 протягом часового інтервалу  $T_T$  перевіряє, чи є струм  $i_2$  меншим, ніж порогове значення  $SE$  результату вимірювань. Для цього він перевіряє, вимкнений (AUS) чи ввімкнений (EIN) другий вимірювальний сигнал  $MS$ , і розпізнає не раніше ніж у момент часу  $t_3$  і не пізніше ніж у момент часу  $t_t$ , чи був цей вимірювальний сигнал  $MS$  протягом часового інтервалу  $T_T$  відповідно до нормального випадку постійно вимкнтий (AUS) або відповідно до
- 10 випадку несправності принаймні один раз ввімкнтий (EIN).

Позиційні позначення

10	Електрична установка
11	Силовий ступеневий перемикач
12	Регульовальна обмотка
121/122	Перший/другий відвід обмотки поз. 12
123	Перший кінець обмотки поз. 12
124	Другий кінець обмотки поз. 12, третій відвід обмотки поз. 12
13	Селектор
131/132	Перший/другий рухомий контакт поз. 13
133/134/135	Перший/другий/третій нерухомий контакт поз. 13
14	Силовий перемикач
15	Силовий відвід
16	Безпосередній привід
17	Керувальний пристрій
171	Блок керування поз. 17
18	Роз'єднувальний пристрій
19	Перший вакуумний перемикальний елемент
20	Другий вакуумний перемикальний елемент
21	Третій вакуумний перемикальний елемент
22	Четвертий вакуумний перемикальний елемент
23	Перший перехідний резистор
24	Другий перехідний резистор
25	Перший датчик струму
26	Другий датчик струму
27	Третій датчик струму
28	Четвертий датчик струму
29	Датчик навантажувального струму
N	Мережний провід мережі змінного струму
U, V, W	Фази мережі змінного струму

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

15

1. Спосіб зміни кількості активних витків регульовальної обмотки (12) в електричній установці (10), причому регульовальна обмотка (12) приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу  $I_N$  струму і має перший і другий відводи (121, 122) обмотки;

20

із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм ( $i_L$ ) тече від першого відводу обмотки (121) по першому головному ланцюгу до силового відводу (15), а другий відвід обмотки (122) від'єднаний від силового відводу (15), згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикачання здійснюють перемикачання в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу обмотки (122) по другому головному ланцюгу до силового відводу (15), а перший відвід обмотки (121) від'єднаний від силового відводу (15); згідно зі схемою послідовності операцій перемикачання:

25

а) виходячи з першого режиму сталого струму, на стадії а перемикачання перший відвід обмотки (121) через перший перехідний ланцюг з'єднаний або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом (15), а перший головний ланцюг від'єднують;

30

б) після здійснення стадії а перемикачання на стадії б перемикачання другий відвід обмотки (122) через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15), у результаті чого

внаслідок ступеневої напруги між відводами (121, 122) обмотки контурний струм  $i_K$  тече по перехідних ланцюгах;

с) після здійснення стадії b перемикання на стадії c перемикання перший відвід (121) обмотки від'єднують від силового відводу (15);

5        d) після здійснення стадії c перемикання на стадії d перемикання другий відвід (122) обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15);  
принаймні в один заданий контрольний момент  $t_T$  часу між стадіями a і c перемикання перевіряють від'єднання першого головного ланцюга;  
визначають силу  $I_L$  навантажувального струму;  
10        встановлюють контрольний момент  $t_T$  часу залежно від сили  $I_L$  навантажувального струму.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в ході перевірки реєструють струм  $i_1$ , який тече по першому головному ланцюгу, і порівнюють вимірне значення із заданим пороговим значенням (SE) результату вимірювань;

15        якщо вимірне значення є меншим, ніж задане порогове значення, результат перевірки оцінюють як позитивний, а в іншому випадку - як негативний.

3. Спосіб за будь-яким із пп. 1-2, який **відрізняється** тим, що контрольний момент  $t_T$  часу встановлюють на момент через заданий час  $TV$  затримки після початку ( $t_a$ ) здійснення стадії a перемикання, і/або

контрольний момент  $t_T$  часу встановлюють на момент перед здійсненням стадії b перемикання.

20        4. Спосіб за будь-яким із пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що перед перевіркою силу  $I_L$  навантажувального струму порівнюють із заданим пороговим значенням ( $SM$ ) для відповідного режиму;

при перевищенні заданого порогового значення здійснюють перевірку згідно з режимом A, а в іншому випадку - згідно з режимом B.

25        5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що в режимі B контрольний момент  $t_T$  часу встановлюють на момент після здійснення стадії b перемикання;

в ході перевірки реєструють струм  $i_2$ , який тече по першому перехідному ланцюгу, і порівнюють вимірне значення із заданим нижнім пороговим значенням ( $SKU$ ) контурного струму;

при перевищенні заданого порогового значення результат перевірки оцінюють як позитивний, а в іншому випадку - як негативний.

30        6. Спосіб за пунктом 5, який **відрізняється** тим, що в ході перевірки реєструють струм  $i_3$ , який тече по другому перехідному ланцюгу або через перший або другий відводи обмотки, і порівнюють вимірне значення із заданим верхнім пороговим значенням ( $SKO$ ) контурного струму;

35        якщо вимірне значення є меншим, ніж задане порогове значення, результат перевірки оцінюють як позитивний, а в іншому випадку - як негативний.

7. Спосіб за будь-яким із пп. 5-6, який **відрізняється** тим, що контрольний момент  $t_T$  часу встановлюють на момент через заданий час  $TV$  затримки після початку ( $t_b$ ) здійснення стадії b перемикання.

40        8. Спосіб за будь-яким із пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що перевірку здійснюють протягом контрольного часового інтервалу  $TT$ , що триває від першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль з початку ( $t_a$ ) здійснення стадії a перемикання до контрольного моменту  $t_T$  часу; і/або

45        перевірку здійснюють після або починаючи з першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль з початку ( $t_a$ ) здійснення стадії a перемикання і до контрольного моменту  $t_T$  часу.

9. Спосіб зміни кількості активних витків регульовальної обмотки в електричній установці (10), причому

50        регульовальна обмотка (12) приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу струму  $I_N$  і має перший і другий відводи (121, 122) обмотки;

із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм ( $i_L$ ) тече від першого відводу (121) обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу (15), а другий відвід (122) обмотки від'єднаний від силового відводу (15), згідно із заданою схемою послідовності

55        операцій перемикання здійснюють перемикання в другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу (122) обмотки по другому головному ланцюгу до силового відводу (15), а перший відвід обмотки (121) від'єднаний від силового відводу (15); згідно зі схемою послідовності операцій перемикання:



а) виходячи з першого режиму сталого струму, на стадії а перемикання перший відвід (121) обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом (15), а перший головний ланцюг від'єднують;

б) після здійснення стадії а перемикання на стадії b перемикання другий відвід (122) обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15), у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між відводами (121, 122) обмотки контурний струм  $i_K$  тече по перехідних ланцюгах;

с) після здійснення стадії b перемикання на стадії с перемикання перший перехідний ланцюг від'єднують;

д) після здійснення стадії с перемикання на стадії d перемикання другий відвід (122) обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15); принаймні в один заданий контрольний момент  $t_T$  часу між стадіями с і d перемикання перевіряють від'єднання першого перехідного ланцюга; визначають силу  $I_L$  навантажувального струму;

контрольний момент  $t_T$  часу встановлюють залежно від сили  $I_L$  навантажувального струму.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що в ході перевірки реєструють струм  $i_2$ , який тече по першому перехідному ланцюгу, і порівнюють вимірне значення із заданим пороговим значенням (SE) результату вимірювань;

якщо вимірне значення є меншим, ніж задане порогове значення, результат перевірки оцінюють як позитивний, а в іншому випадку - як негативний.

11. Спосіб за будь-яким із пп. 9-10, який **відрізняється** тим, що контрольний момент  $t_T$  часу встановлюють на момент через заданий час  $T_V$  затримки після ( $t_c$ ) початку здійснення стадії с перемикання; і/або

контрольний момент  $t_T$  часу встановлюють на момент перед здійсненням стадії d перемикання.

12. Спосіб за будь-яким із пп. 9-11, який **відрізняється** тим, що перевірку здійснюють протягом контрольного часового інтервалу  $T_T$  від першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль з початку ( $t_c$ ) здійснення стадії с перемикання до контрольного моменту  $t_T$  часу; і/або

після або починаючи з першого моменту  $t_N$  переходу навантажувального струму через нуль з початку ( $t_c$ ) здійснення стадії с перемикання і до контрольного моменту  $t_T$  часу.

13. Спосіб за будь-яким із пп. 9-12, який **відрізняється** тим, що згідно зі схемою послідовності операцій перемикання на стадії а перемикання від'єднують перший головний ланцюг шляхом розмикання першого роз'єднувача в першому головному ланцюгу; і/або

на стадії с перемикання перший відвід обмотки від'єднують від силового відводу шляхом від'єднання першого перехідного ланцюга, зокрема шляхом розмикання другого роз'єднувача в першому перехідному ланцюгу; і/або

шляхом/після здійснення стадії d перемикання встановлюють другий режим сталого струму;

перевірку першого головного ланцюга здійснюють шляхом перевірки розмикання першого роз'єднувача; і/або

перевірку першого перехідного ланцюга здійснюють шляхом перевірки розмикання другого роз'єднувача; і/або

принаймні як один із роз'єднувачів застосовують масляний перемикач або вакуумний перемикальний елемент; і/або

принаймні один із роз'єднувачів приводять у дію за допомогою безпосереднього приводу.

14. Спосіб за будь-яким із пп. 9-13, який **відрізняється** тим, що силу  $I_L$  навантажувального струму порівнюють із заданим верхнім пороговим значенням ( $SO$ );

при перевищенні заданого порогового значення час затримки  $t_V$  встановлюють на задане значення  $TV_1$ , а в іншому випадку - на задане значення  $TV_2 > TV_1$ .

15. Спосіб за будь-яким із пп. 9-14, який **відрізняється** тим, що перед перевіркою силу  $I_L$  навантажувального струму порівнюють із заданим нижнім пороговим значенням ( $SU$ );

при перевищенні заданого порогового значення здійснюють перевірку, а в іншому випадку виконують відповідний аварійний план.

16. Спосіб за будь-яким із пп. 9-15, який **відрізняється** тим, що при позитивному результаті перевірки продовжують перемикання згідно зі схемою послідовності операцій перемикання, а в іншому випадку виконують відповідний аварійний план;

згідно з аварійним планом:

стадії перемикання, які досі здійснювали згідно зі схемою послідовності операцій перемикання, здійснюють у зворотній послідовності; і/або

від'єднують установку (10) від мережі змінного струму; і/або

генерують попереджувальний сигнал відповідно до негативного результату перевірки.

17. Електрична установка (10), яка містить:

регульовальну обмотку (12), яка приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу  $IN$  струму і має перший і другий відводи (121, 122) обмотки;

5 силовий ступеневий перемикач (11), який підключений до відводів (121, 122) обмотки і містить: силовий відвід (15);

перший головний ланцюг;

перший перехідний ланцюг;

другий перехідний ланцюг;

10 другий головний ланцюг;

роз'єднувальний пристрій (18), виконаний з можливістю від'єднання і приєднання кожного головного ланцюга і кожного перехідного ланцюга;

керувальний пристрій (17), приєднаний до роз'єднувального пристрою (18);

причому

15 силовий ступеневий перемикач (11) виконаний з можливістю для зміни кількості активних витків регульовальної обмотки (12) здійснення перемикання із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм ( $i_L$ ) тече від першого відводу (121) обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу (15), а другий відвід (122) обмотки від'єднаний від силового відводу (15), згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання, у другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм тече від другого відводу (122) обмотки по

20 другому головному ланцюгу до силового відводу (15), а перший відвід обмотки (121) від'єднаний від силового відводу (15);

згідно зі схемою послідовності операцій перемикання:

25 а) виходячи з першого режиму сталого струму, на стадії а перемикання перший відвід (121) обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом (15), а перший головний ланцюг від'єднують;

30 б) після здійснення стадії а перемикання на стадії b перемикання другий відвід (122) обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15), у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між відводами (121, 122) обмотки контурний струм ( $IK$ ) тече по перехідних ланцюгах;

35 с) після здійснення стадії b перемикання на стадії c перемикання перший відвід (121) обмотки від'єднують від силового відводу (15);

40 д) після здійснення стадії c перемикання на стадії d перемикання другий відвід (122) обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15);

45 керувальний пристрій (17) виконаний із можливістю

здійснення перевірки від'єднання першого головного ланцюга принаймні в один заданий контрольний момент  $tT$  часу між стадіями а і с перемикання;

визначення сили  $IL$  навантажувального струму;

визначення контрольного моменту  $tT$  часу залежно від сили  $IL$  навантажувального струму.

40 18. Електрична установка (10), що містить:

регульовальну обмотку (12), яка приєднана до мережі змінного струму із заданою тривалістю  $T$  періоду, розрахована на задану номінальну силу  $IN$  струму, і має перший і другий відводи (121, 122) обмотки;

45 силовий ступеневий перемикач (11), який підключений до відводів (121, 122) обмотки і містить:

силовий відвід (15);

перший головний ланцюг;

перший перехідний ланцюг;

другий перехідний ланцюг;

другий головний ланцюг;

50 роз'єднувальний пристрій (18), виконаний із можливістю від'єднання і приєднання кожного головного ланцюга і кожного перехідного ланцюга;

керувальний пристрій (17), приєднаний до роз'єднувального пристрою (18); причому

55 силовий ступеневий перемикач (11) виконаний з можливістю для зміни кількості активних витків регульовальної обмотки (12) здійснення перемикання із першого режиму сталого струму, в якому навантажувальний струм ( $i_L$ ) тече від першого відводу (121) обмотки по першому головному ланцюгу до силового відводу (15), а другий відвід обмотки (122) від'єднаний від силового відводу (15), згідно із заданою схемою послідовності операцій перемикання, у другий режим сталого струму, в якому навантажувальний струм ( $i_L$ ) тече від другого відводу (122) обмотки по

60 другому головному ланцюгу до силового відводу (15), а перший відвід (121) обмотки від'єднаний від силового відводу (15);

згідно зі схемою послідовності операцій перемикавання:

а) виходячи із першого режиму сталого струму, на стадії а перемикання перший (121) відвід обмотки через перший перехідний ланцюг з'єднаний або залишають з'єднаним, або з'єднують із силовим відводом (15), а перший головний ланцюг від'єднують;

5 б) після здійснення стадії а перемикання на стадії б перемикання другий відвід (122) обмотки через другий перехідний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15), у результаті чого внаслідок ступеневої напруги між першим і другим відводами (121, 122) обмотки контурний струм ( $i_K$ ) тече по перехідних ланцюгах;

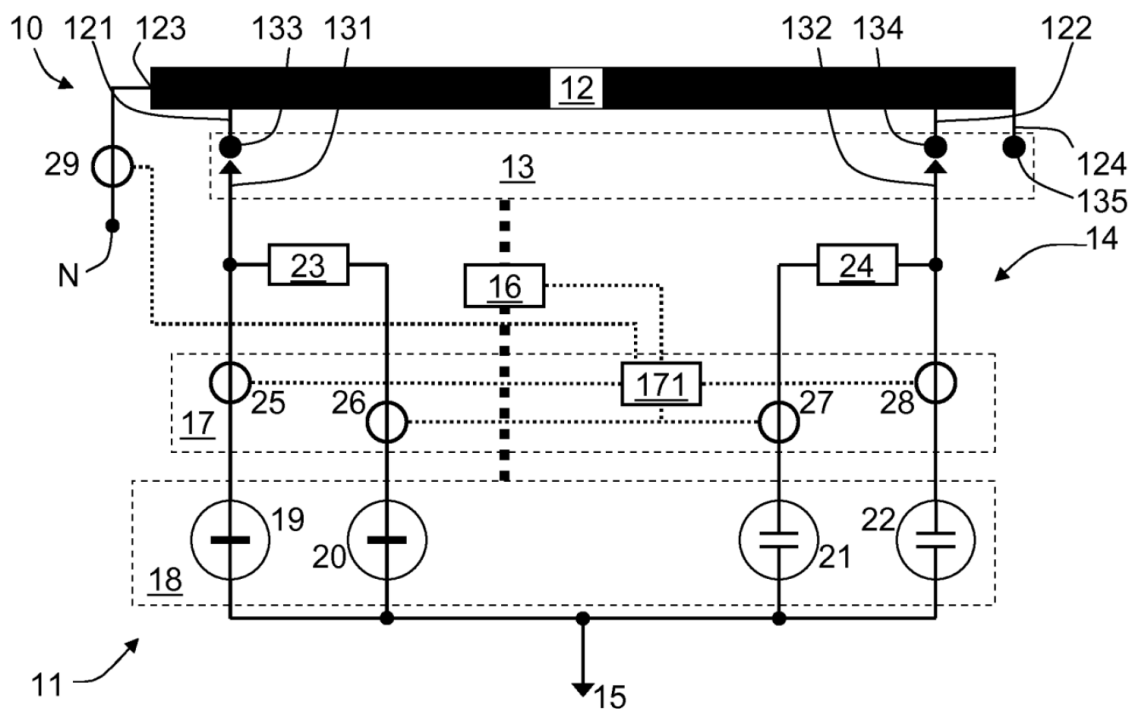
10      с) після здійснення стадії b перемикання на стадії c перемикання від'єднують перший перехідний ланцюг;

d) після здійснення стадії с перемикання на стадії d перемикання другий відвід (122) обмотки через другий головний ланцюг з'єднують із силовим відводом (15); керувальний пристрій (17) виконаний із можливістю:

15 здійснення перевірки від'єднання першого перехідного ланцюга принаймні в один заданий контрольний момент  $t_T$  часу між стадіями с і d перемикання;  
визначення сили  $I_L$  навантажувального струму;

визначення контрольного моменту  $t_T$  часу залежно від сили  $I_L$  навантажувального струму.

19. Установка (10) за п. 18, яка **відрізняється** тим, що містить регульований або змінюваний компенсаційний дросель для підведення індуктивної реактивної потужності в мережу змінного струму і/або для компенсації ємнісної реактивної потужності з мережі змінного струму, а регульовальна обмотка (12) утворює принаймні частину компенсаційного дроселя; і/або установка (10) містить регульувальний трансформатор із первинною і вторинною сторонами, а регульовальна обмотка (12) утворює принаймні частину первинної або вторинної сторони.



**Fig. 1**

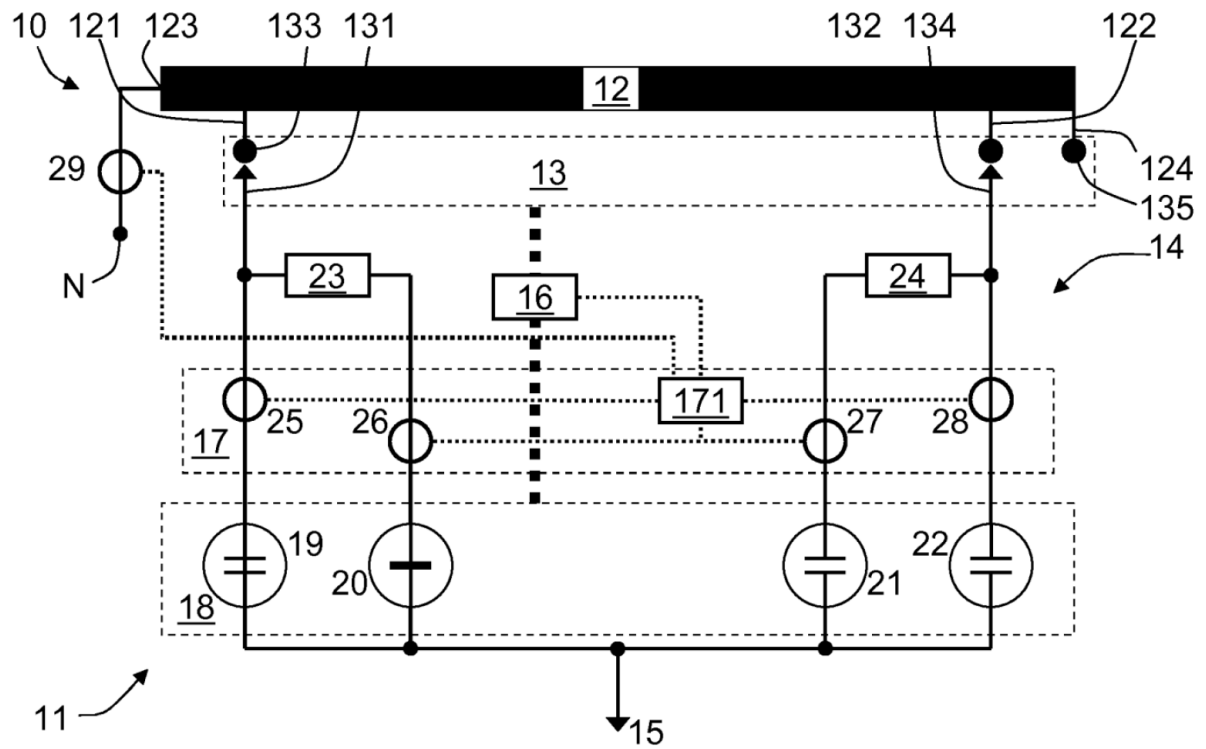


Fig. 2

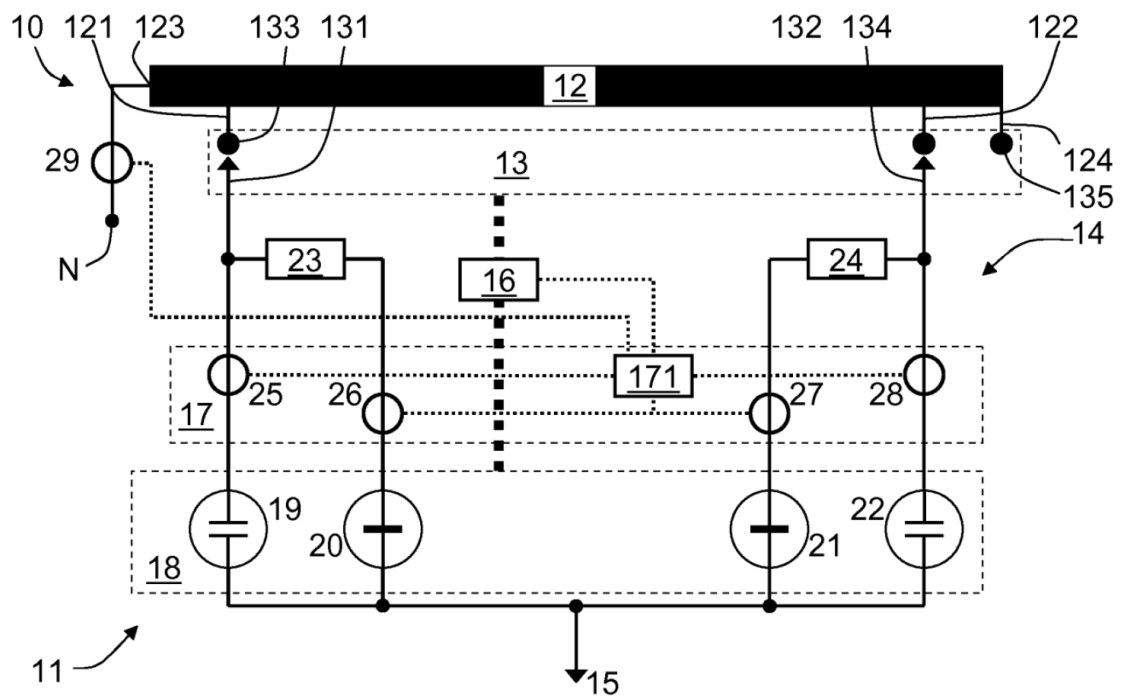
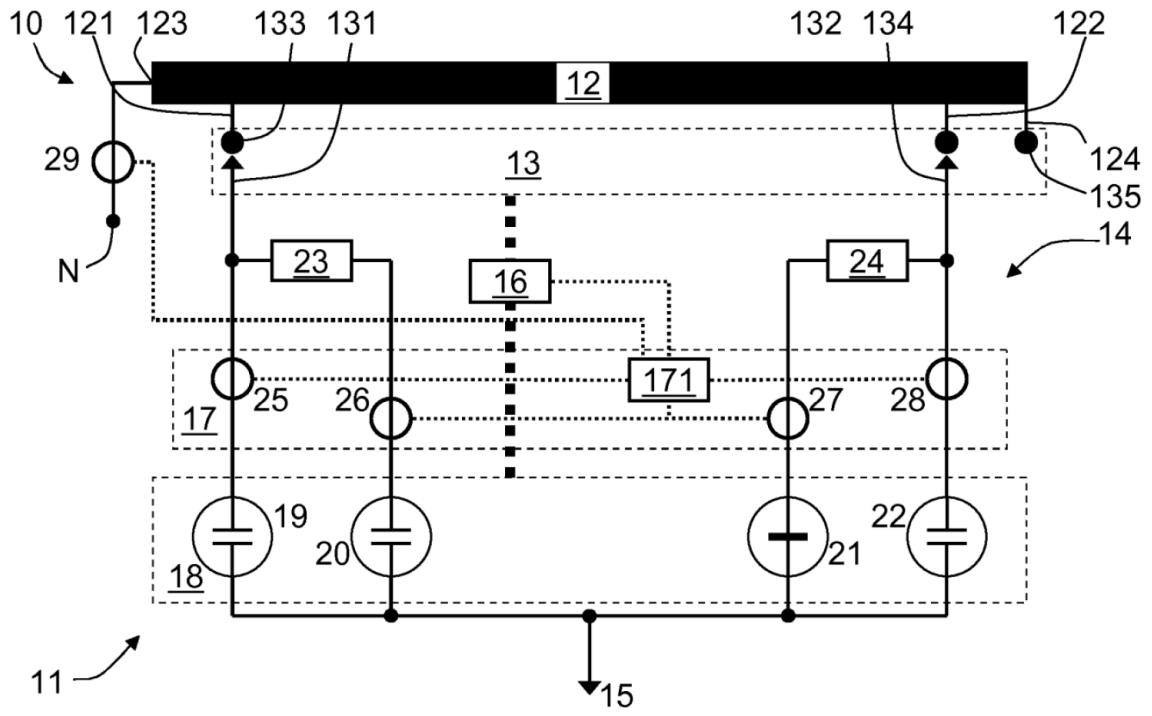
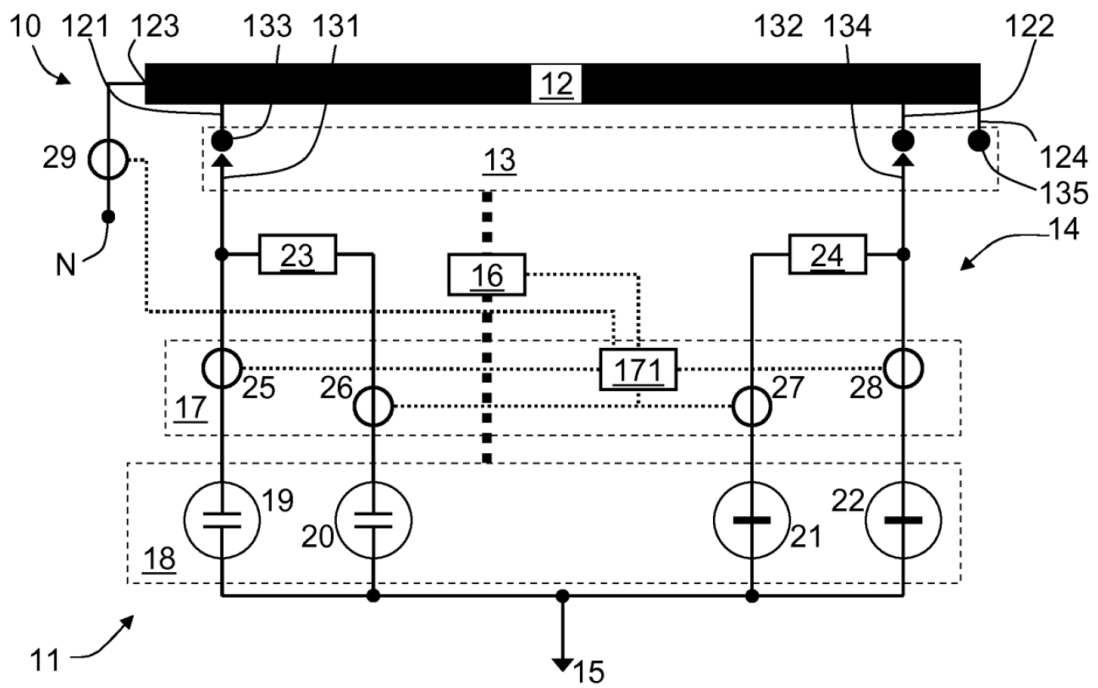


Fig. 3



**Fig. 4**



**Fig. 5**

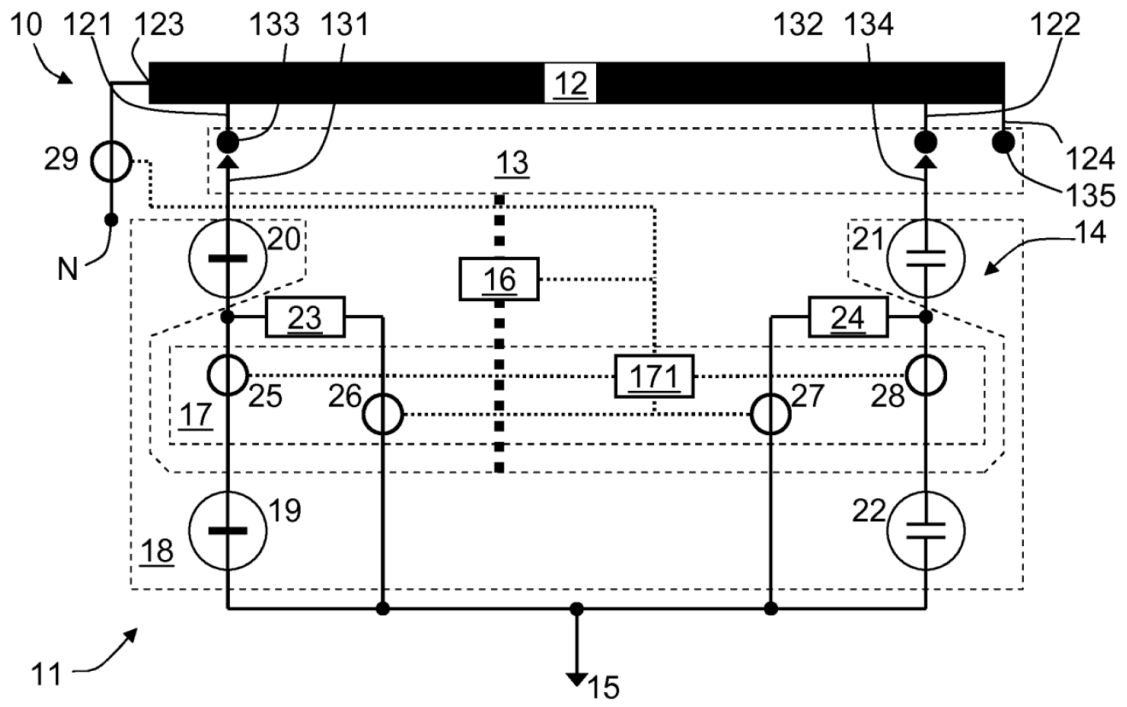
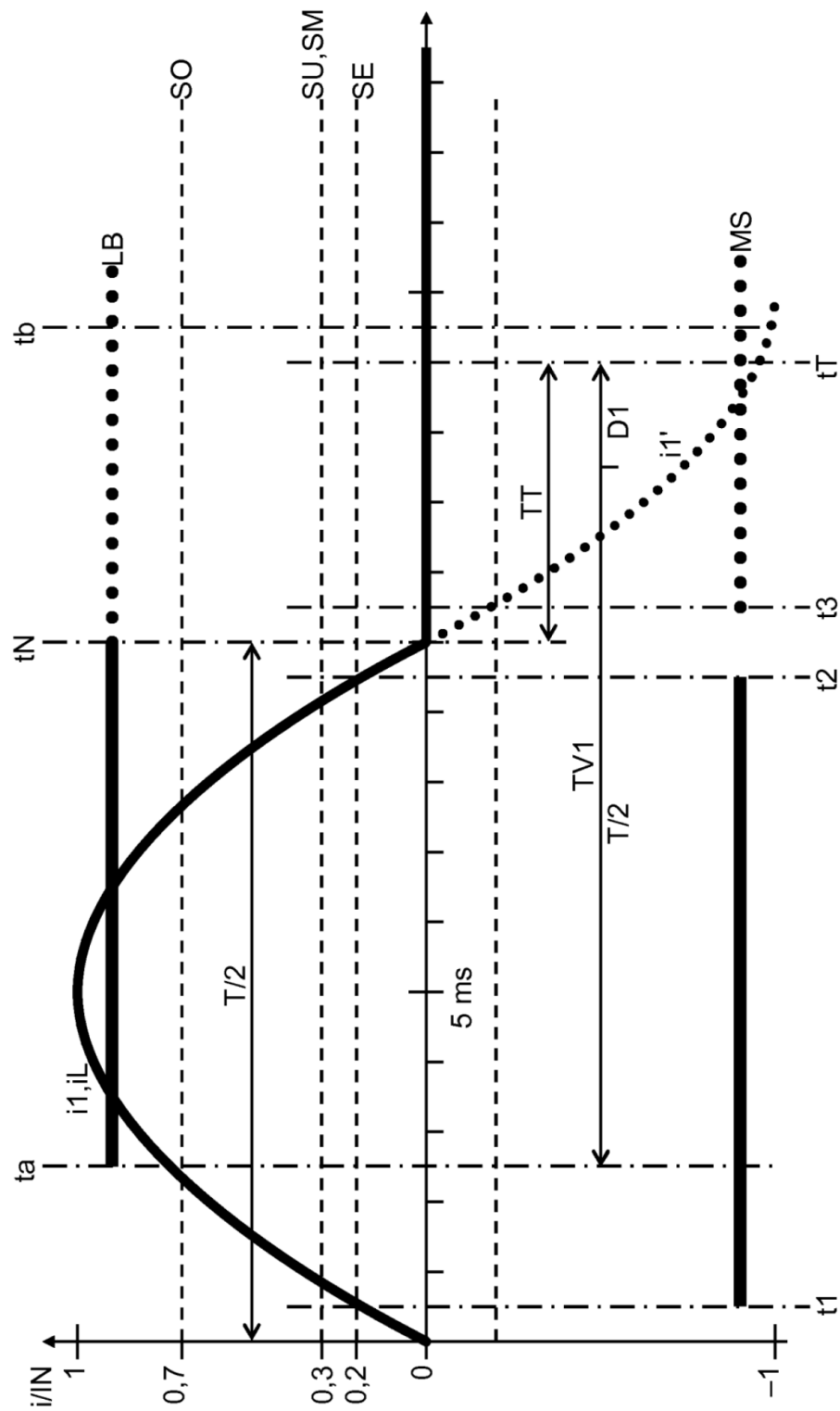


Fig. 6



Фиг. 7

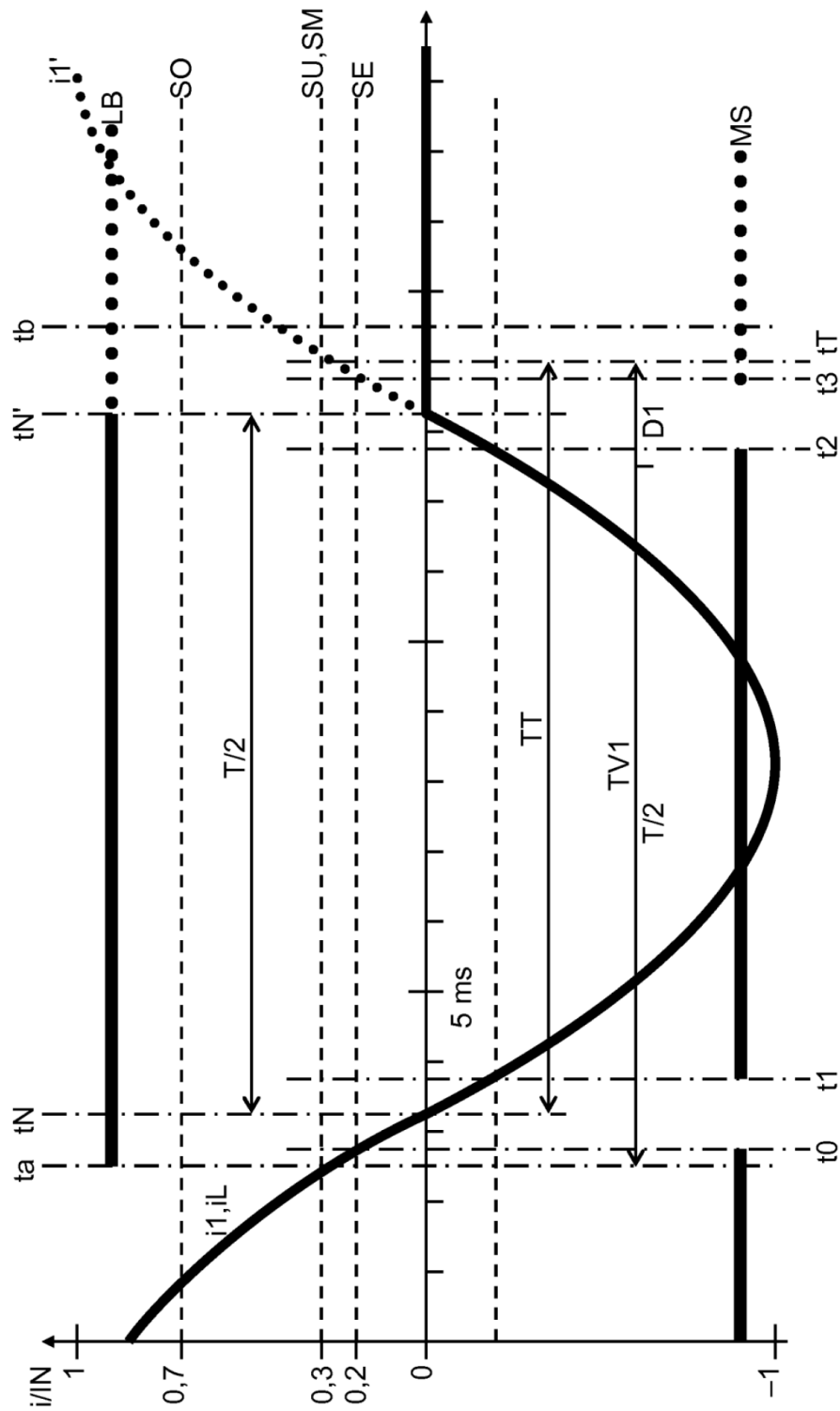
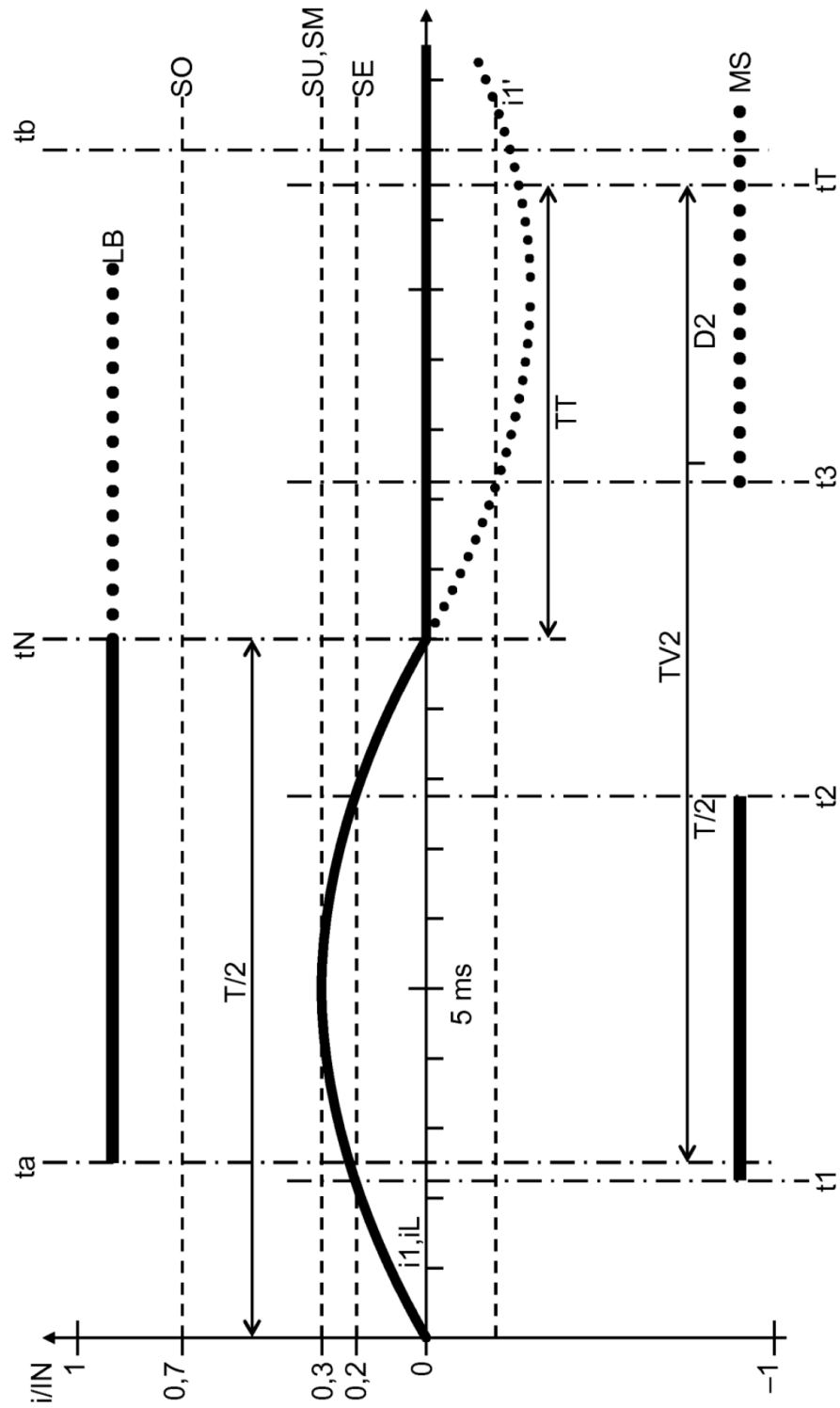


Fig. 8





**Fig. 9**

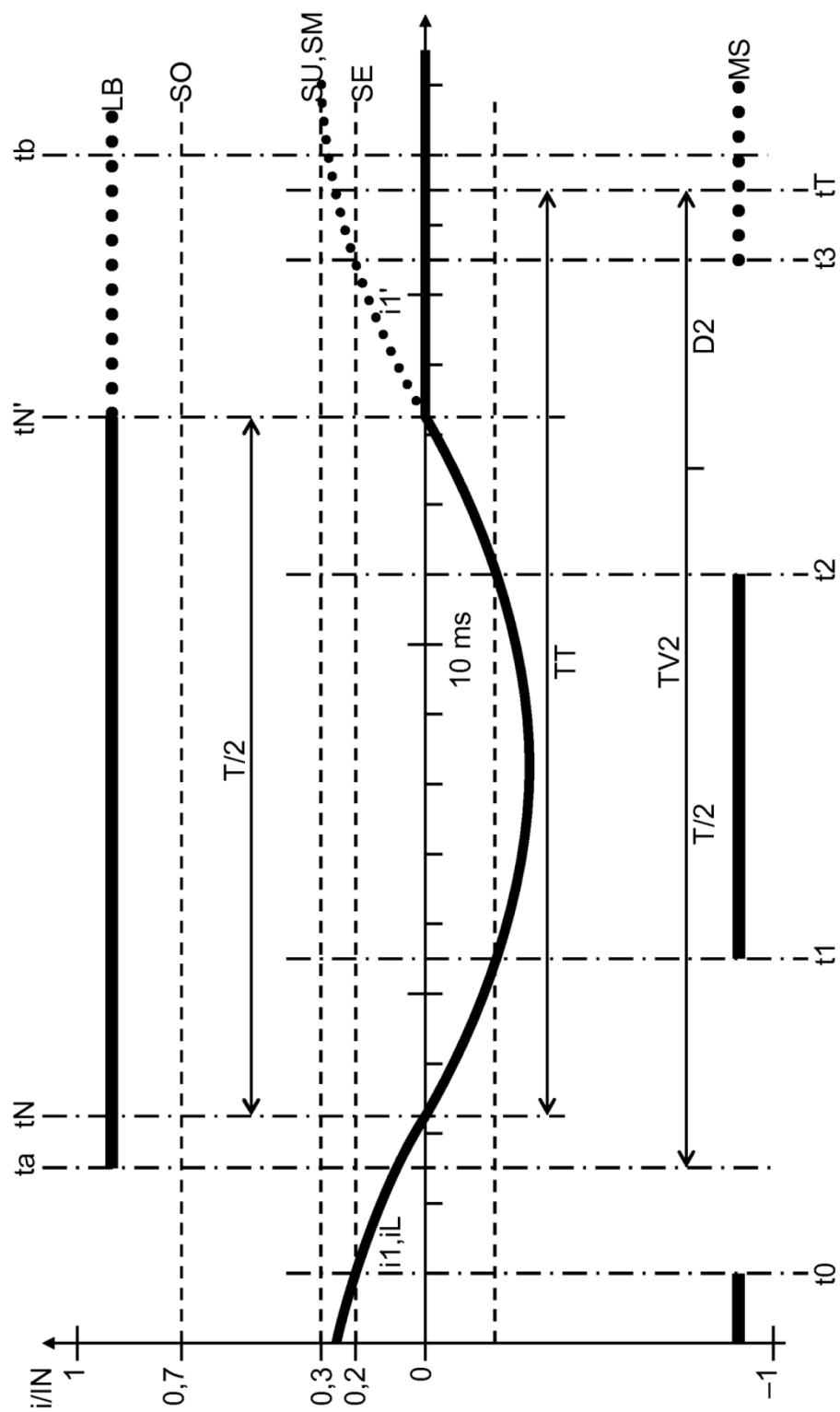


Fig. 10

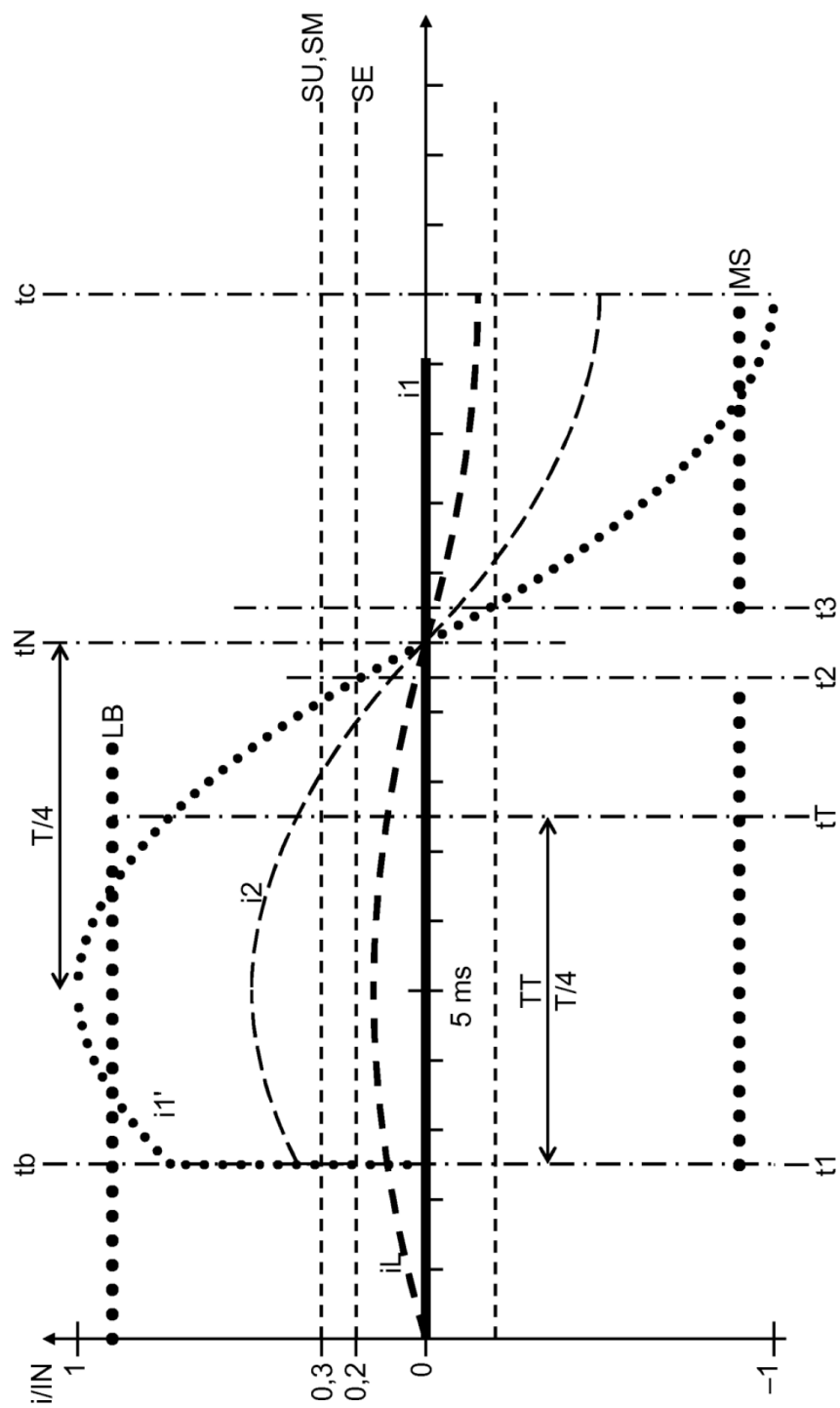
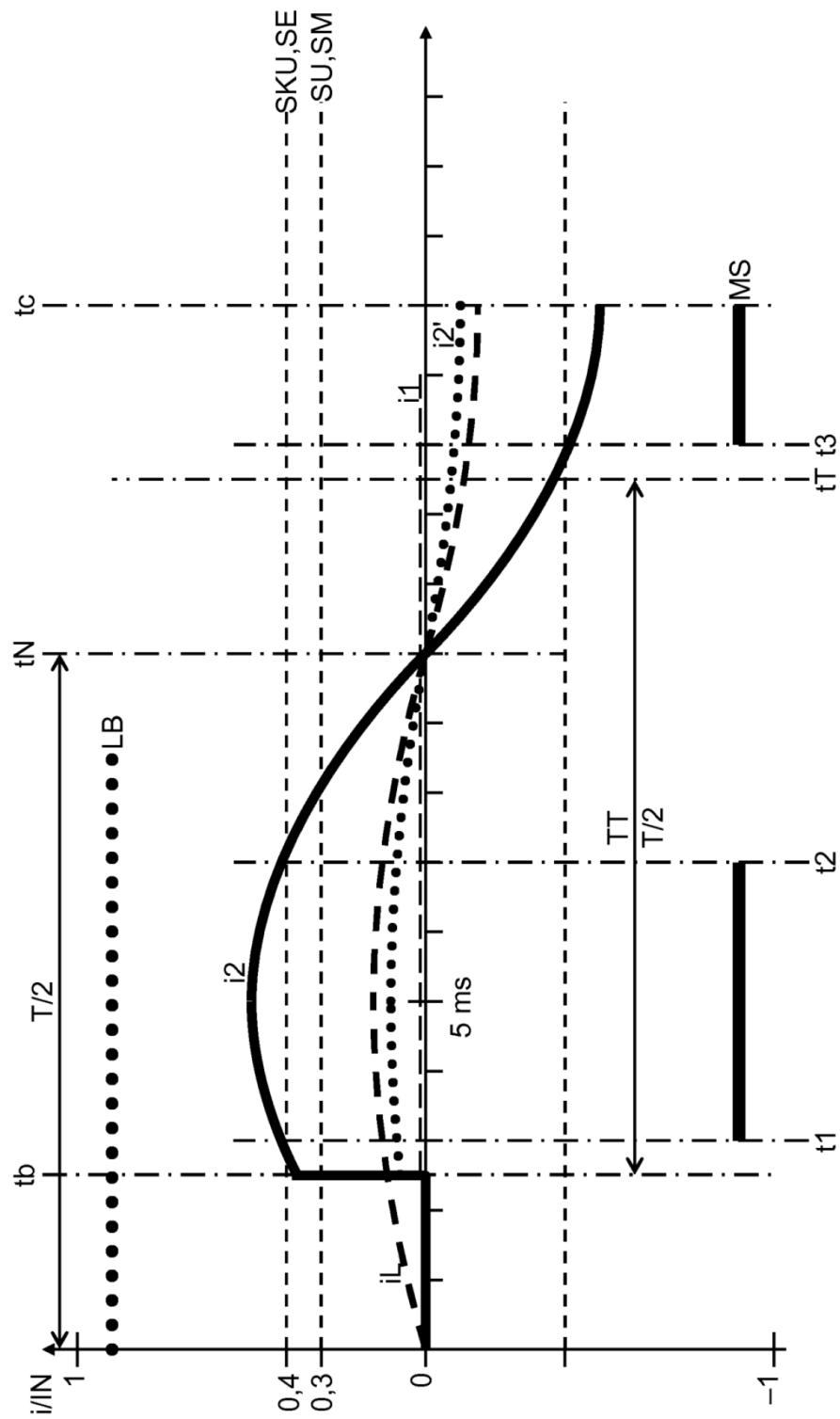
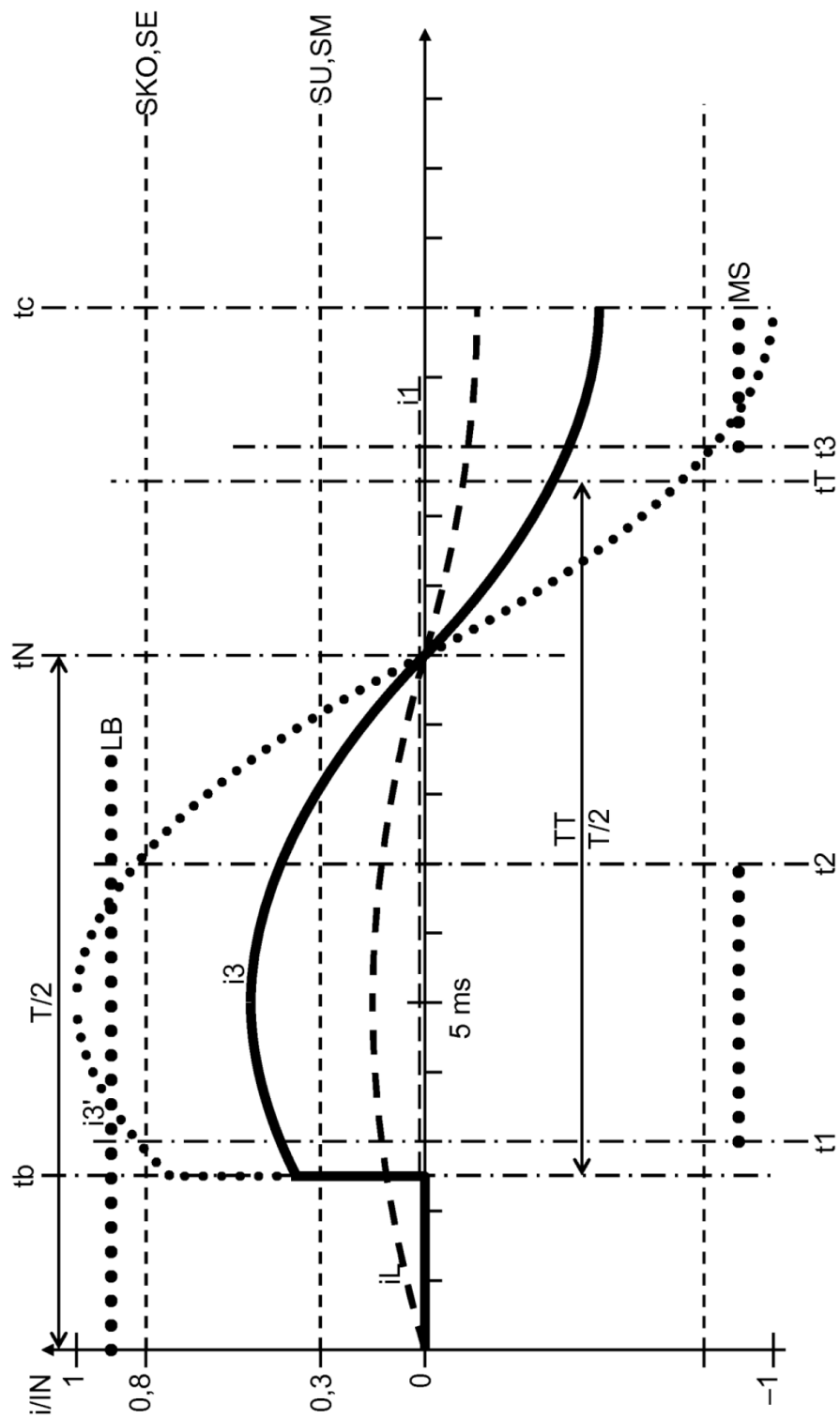


Fig. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

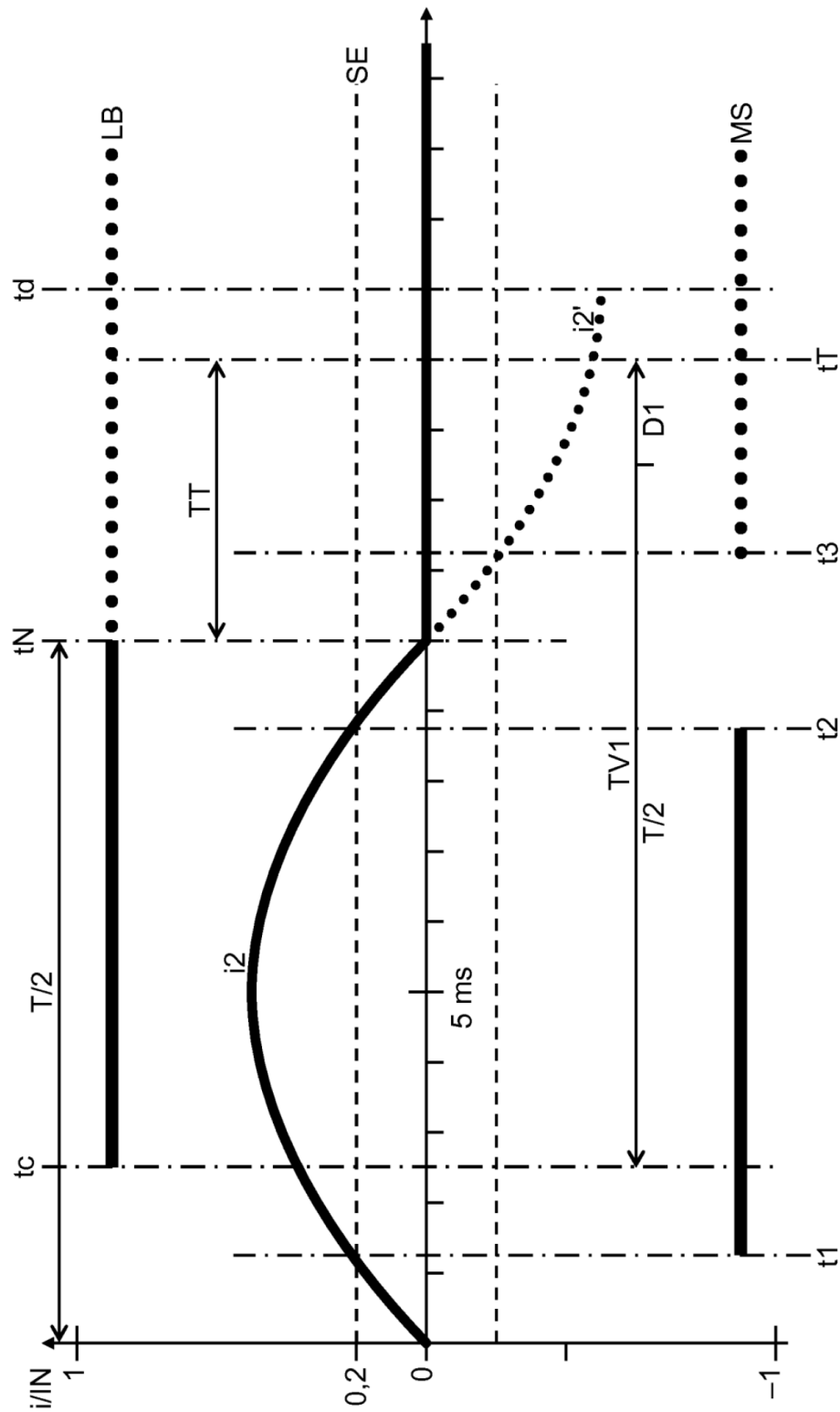


Fig. 14