



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105431** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
H02P 13/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

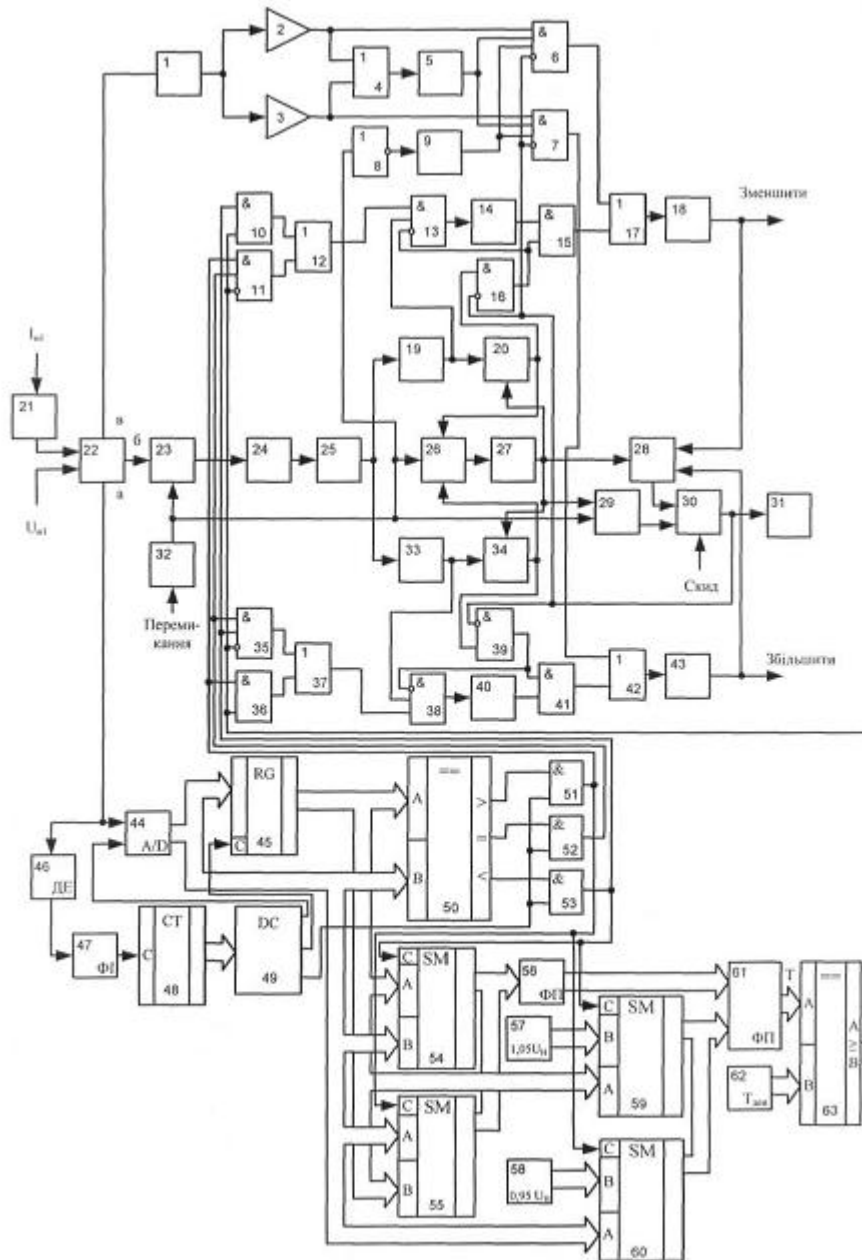
(21) Номер заявки: u 2015 06652	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Поліщук Андрій Леонідович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Бальзан Ігор Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки: 06.07.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.03.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.03.2016, Бюл.№ 6	(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) РЕГУЛЯТОР НАПРУГИ ДЛЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

(57) Реферат:

Регулятор напруги для силових трансформаторів містить фільтр, два тригери Шмітта, чотири блоки часової затримки, два блоки пам'яті, датчик струму, генератор тактових імпульсів, суматор, блок формування і зміни зони нечутливості, блок формування і зміни уставки напруги, пороговий блок, блок зміни періоду тактових імпульсів, блок контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", блок контролю електропривода в режимі "Застрягання", блок блокування, блок сигналізації, блок перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, два підсилювачі, п'ять елементів АБО, вісім елементів І, елемент НІ, два перетворювачі імпульсного сигналу в потенційний. Додатково в нього введено аналого-цифровий перетворювач, диференціюючий елемент, формувач імпульсів, лічильник імпульсів, регістр, дешифратор, два цифрових компаратори, чотири цифрових суматори, два функціональні перетворювачі, дев'ятий, десятый, одинадцятий, дванадцятий, тринадцятий, чотирнадцятий, п'ятнадцятий елементи І, блок формування сигналу верхньої межі регулювання напруги, блок формування сигналу нижньої межі регулювання напруги, блок допустимого часу входження напруги в зону нечутливості.

UA 105431 U



Фіг. 1

Корисна модель належить до галузі електротехніки і може бути використана для регулювання напруги силових трансформаторів під навантаженням.

Відомий автоматичний регулятор напруги для силових трансформаторів (А.С. СРСР № 1140094, М. кл. G05B 11/01, бюл. № 6, 1985), що містить датчик струму, вхід якого підключений до кола струму навантаження $I_{н1}$ а вихід з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до кола напруги навантаження $U_{н1}$, а перший вихід з'єднаний з першим входом елемента формування і зміни зони нечутливості, вихід якого підключений до входу елемента формування і зміни уставки напруги, вихід якого з'єднаний з входом порогового блока, вихід якого підключений до входів першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно першого і другого елементів часової затримки, виходи яких підключені до перших входів відповідно першого і другого елементів заборони, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно першого і другого логічних елементів I, виходи яких з'єднані з входами відповідно першого і другого релейних виконавчих елементів, перші виходи яких підключені до електроприводу, блок визначення похідної огибаючої регульованої напруги, вхід якого з'єднаний з другим виходом суматора, а вихід підключений до входу блока визначення знаку похідної, перший і другий виходи якого з'єднані з першими входами відповідно першого і другого логічних елементів АБО, виходи яких підключені до перших входів відповідно першого і другого тривходових ключів, другі виходи яких з'єднані з виходами відповідно першого і другого елементів заборони, треті виходи підключені до виходів відповідно першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний, а виходи з'єднані з входами відповідно першого і другого елементів пам'яті, виходи яких підключені до других входів відповідно першого і другого логічних елементів I, логічний елемент II, вхід якого з'єднаний з виходом блока визначення похідної огибаючої регульованої напруги, а вихід підключений до других входів першого і другого логічних елементів АБО, елемент зміни періоду тактових імпульсів, перший і другий виходи якого з'єднані з виходами відповідно першого і другого елементів часової затримки, а вихід підключений до входу генератора тактових імпульсів, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого елементів часової затримки, а також з третім входом елемента контролю схеми регулятора і електроприводу в режимі "Рух відсутній", перший і другий виходи якого підключені до других виходів відповідно першого і другого релейних виконавчих елементів, елемент перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, вхід якого з'єднаний з електроприводом, а вихід підключений до другого входу елемента формування і зміни зони нечутливості, до третього входу елемента зміни періоду тактових імпульсів, а також до першого входу елемента контролю електропривода в режимі "Застрягання", другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, а вихід підключений до першого входу елемента блокування і сигналізації, другий вхід якого з'єднаний з виходом елемента контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", третій вхід підключений до кола подачі сигналу "Скид", а вихід з'єднаний з другими входами першого і другого елементів заборони.

Недоліком даного регулятора є те, що при перевищенні напругою допустимих значень та при від'ємному знаку похідної огибаючої напруги з тенденцією довготривалого входження в зону допустимих значень напруги регулятор не формує сигнал на перемикання відгалуження пристрою РПН для введення значення напруги в зону допустимих значень, внаслідок чого електропостачання споживачів тривалий час здійснюється напругою пониженої якості. Тобто, регулятор не дозволяє прогнозувати час входження контрольованої напруги у межі зони нечутливості, що погіршує якість електропостачання та надійність роботи споживачів. З аналогічним недоліком регулятор працює, коли значення напруги нижче допустимого значення та похідна огибаючої напруги має додатній знак з тенденцією довготривалого входження в зону допустимих значень.

Як найближчий аналог вибрано регулятор напруги для силових трансформаторів (Патент України № 35207 А, М. кл. H02P 13/00, бюл. № 2, 2001), що містить датчик струму, вхід якого підключений до кола струму навантаження $I_{н1}$, а вихід з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до кола напруги навантаження $U_{н1}$, а перший вихід з'єднаний з першим входом блока формування і зміни зони нечутливості, вихід якого підключений до входу блока формування і зміни уставки напруги, вихід якого з'єднаний з входом порогового блока, вихід якого підключений до входів першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно першого і другого блоків часової затримки, виходи яких підключені до перших входів відповідно третього і четвертого елементів I, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно першого і другого елементів I, перший і другий підсилювачі, виходи яких підключені в кола керування електроприводом, блок визначення похідної огибаючої регульованої напруги, вхід якого з'єднаний з другим виходом

суматора, а вихід підключений до входу блока визначення знака похідної, перший і другий виходи якого з'єднані з першими входами відповідно першого і другого елементів АБО, виходи яких підключені до перших входів відповідно п'ятого і шостого елементів I, другі входи яких з'єднані з виходами відповідно третього і четвертого елементів I, треті входи підключені до виходів відповідно першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний, а виходи з'єднані з входами відповідно першого і другого блоків пам'яті, виходи яких підключені до других входів відповідно першого і другого елементів I, перший елемент HI, вхід якого з'єднаний з виходом блок визначення похідної огинаючої регульованої напруги, а вихід підключений до других входів першого і другого елементів АБО, блок зміни періоду тактових імпульсів, перший і другий входи якого з'єднані з виходами відповідно першого і другого блоків часової затримки, а вихід підключений до входу генератора тактових імпульсів, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого блоків часової затримки, а також з третім входом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", перший і другий входи якого підключені до виходів відповідно першого і другого підсилювачів, блок перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, вхід якого з'єднаний з електроприводом, а вихід підключений до другого входу блока формування і зміни зони нечутливості, до третього входу блока зміни періоду тактових імпульсів, а також до першого входу блока контролю електропривода в режимі "Застрягання", другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, а вихід підключений до першого входу блока блокування, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", третій вхід з'єднаний з колом подачі сигналу "Скид", а вихід підключений до других входів третього і четвертого елементів I, вхід фільтра з'єднаний з другим виходом суматора, а вихід підключений до входів першого і другого тригерів Шмітта, виходи яких з'єднані відповідно з першим і другим входами п'ятого елемента АБО, а також з першими входами відповідно сьомого і восьмого елементів I, виходи яких підключені до перших входів відповідно третього і четвертого елементів АБО, другі входи яких з'єднані з виходами відповідно першого і другого елементів I, а виходи підключені до входів відповідно першого і другого підсилювачів, вихід п'ятого елемента АБО з'єднаний з входом третього блока часової затримки, вихід якого підключений до других входів сьомого і восьмого елементів I, вхід другого елемента HI з'єднаний з виходом блока перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, а вихід підключений до входу четвертого блока часової затримки, вихід якого з'єднаний з третіми входами сьомого і восьмого елементів I, четверті входи яких підключені до виходу блока блокування, вхід блока сигналізації з'єднаний з виходом блока блокування.

Крім того, блок контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній" містить шостий елемент АБО, перший і другий входи якого з'єднані з виходами відповідно першого і другого підсилювачів, а вихід через п'ятий блок часової затримки підключений до першого входу дев'ятого елемента I, другий вихід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, а вихід підключений до другого входу блока блокування.

Недоліком даного регулятора є те, що при перевищенні напругою допустимих значень та при від'ємному знаку похідної огинаючої напруги регулятор не визначає час прогнозованого входження напруги в зону нечутливості, а тому при довготривалому входженні напруги в зону допустимих значень регулятор не формує сигнал на перемикання відгалуження пристрою РПН, внаслідок чого електропостачання споживачів тривалий час здійснюється напругою пониженої якості, що погіршує якість та надійність роботи споживачів. З аналогічним недоліком регулятор працює, коли значення напруги нижче допустимого значення та похідна огинаючої напруги має додатній знак з тенденцією довготривалого входження в зону допустимих значень.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення регулятора напруги для силових трансформаторів, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними досягається можливість визначення прогнозованого часу входження напруги в зону нечутливості, що дозволяє підвищувати якість регульованої напруги та, як наслідок, покращити режим роботи споживачів електроенергії.

За рахунок введення в регулятор аналого-цифрового перетворювача, диференціюючого елемента, формувача імпульсів, лічильника імпульсів, регістра, дешифратора, двох цифрових компараторів, чотирьох цифрових суматорів, двох функціональних перетворювачів, семи елементів I, блока формування сигналу верхньої межі регулювання напруги, блока формування сигналу нижньої межі регулювання напруги, блока допустимого часу входження напруги в зону нечутливості та відповідних зв'язків з'являється можливість прогнозувати час входження контрольованої напруги у межі зони нечутливості, внаслідок чого регулятор при тривалому часі

входження напруги в зону нечутливості формує сигнал на перемикання пристрою РПН, що дозволяє підвищити якість напруги споживачів електроенергії.

Поставлена задача вирішується тим, що в регулятор напруги для силових трансформаторів, що містить фільтр, два тригери Шмітта, чотири блоки часової затримки, два блоки пам'яті, датчик струму, генератор тактових імпульсів, суматор, блок формування і зміни зони нечутливості, блок формування і зміни уставки напруги, пороговий блок, блок зміни періоду тактових імпульсів, блок контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", блок контролю електропривода в режимі "Застрягання", блок блокування, блок сигналізації, блок перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, два підсилювачі, п'ять елементів АБО, вісім елементів I, елемент HI, два перетворювачі імпульсного сигналу в потенційний, причому вхід датчика струму підключений до кола струму навантаження $I_{н1}$, а вихід з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до кола напруги навантаження $U_{н1}$, а перший вихід з'єднаний з першим входом блока формування і зміни зони нечутливості, вихід якого підключений до входу блока формування і зміни уставки напруги, вихід якого з'єднаний з входом порогового блока, вихід якого підключений до виходів першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно першого і другого блоків часової затримки, виходи яких підключені до перших входів відповідно п'ятого і сьомого елементів I, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно четвертого і восьмого елементів I та з третіми входами третього і шостого елементів I, виходи останніх підключені відповідно до входів першого і другого блоків пам'яті, виходи яких відповідно з'єднані з другими входами четвертого і восьмого елементів I, виходи першого і другого підсилювачів підключені в кола керування електроприводом, перший і другий входи блока зміни періоду тактових імпульсів з'єднані з виходами відповідно першого і другого блоків часової затримки, а вихід підключений до входу генератора тактових імпульсів, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого блоків часової затримки, а також з третім входом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", перший і другий входи якого підключені до виходів відповідно першого і другого підсилювачів, вхід блока перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі з'єднаний з електроприводом, а вихід підключений до другого входу блока формування і зміни зони нечутливості, до третього входу блока зміни періоду тактових імпульсів, а також до першого входу блока контролю електропривода в режимі "Застрягання", другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, а вихід підключений до першого входу блока блокування, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", третій вхід з'єднаний з колом подачі сигналу "Скид", а вихід підключений до других входів п'ятого і сьомого елементів I, вхід фільтра підключений до другого виходу суматора, а вихід з'єднаний з входами першого і другого тригерів Шмітта, виходи яких підключені відповідно до першого і другого входів першого елемента АБО, а також до перших входів відповідно першого і другого елементів I, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно третього і п'ятого елементів АБО, другі входи яких підключені до виходів відповідно четвертого і восьмого елементів I, а виходи з'єднані з входами відповідно першого і другого підсилювачів, вихід першого елемента АБО підключений до входу третього блока часової затримки, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого елементів I, вхід елемента HI підключений до виходу блока перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, а вихід з'єднаний з входом четвертого блока часової затримки, вихід якого підключений до третіх входів першого і другого елементів I, четверті входи яких з'єднані з виходом блока блокування, вхід блока сигналізації підключений до виходу блока блокування, виходи другого і четвертого елементів АБО з'єднані відповідно з першими входами третього і шостого елементів I, другі входи яких підключені до виходів першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний відповідно, введено аналого-цифровий перетворювач, диференціюючий елемент, формувач імпульсів, лічильник імпульсів, регістр, дешифратор, два цифрових компаратори, чотири цифрових суматори, два функціональні перетворювачі, дев'ятий, десятий, одинадцятий, дванадцятий, тринадцятий, чотирнадцятий, п'ятнадцятий елементи I, блок формування сигналу верхньої межі регулювання напруги, блок формування сигналу нижньої межі регулювання напруги, блок допустимого часу входження напруги в зону нечутливості, причому третій вихід суматора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача і входом диференціюючого елемента, вихід якого через формувач імпульсів підключений до входу лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною дешифратора, перший вихід якого підключений до синхронізуючого входу регістра, а другий вихід з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена відповідно до другої вхідної цифрової шини першого

цифрового суматора і до перших вхідних цифрових шин другого та четвертого цифрових суматорів, а також з'єднана з другою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора та з вхідною цифровою шиною регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового суматора та до перших вхідних цифрових шин першого та третього цифрових суматорів, а також до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора відповідно, перший, другий та третій виходи першого цифрового компаратора з'єднані відповідно з першими входами тринадцятого, чотирнадцятого та п'ятнадцятого елементів I, другі входи яких підключені до третього виходу дешифратора, а виходи тринадцятого та п'ятнадцятого елементів I з'єднані відповідно з синхронізуючими входами другого і четвертого та першого і третього цифрових суматорів, вихідні цифрові шини першого та другого цифрових суматорів підключені до вхідної шини першого функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідними цифровими шинами третього та четвертого цифрових суматорів, другі вхідні цифрові шини третього та четвертого цифрових суматорів підключені відповідно до виходів блоків формування сигналу верхньої та нижньої межі регулювання, вихідна цифрова шина блока допустимого часу входження напруги в зону нечутливості з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, а вихід з'єднаний з першими входами дев'ятого, десятого, одинадцятого і дванадцятого елементів I, другі входи десятого і дванадцятого та дев'ятого і одинадцятого елементів I підключені відповідно до виходів тринадцятого та п'ятнадцятого елементів I, а треті входи десятого і одинадцятого елементів I з'єднані з виходом чотирнадцятого елемента I, перший та другий входи другого елемента АБО підключені відповідно до виходів дев'ятого та десятого елементів I, перший та другий входи четвертого елемента АБО з'єднані відповідно з виходами одинадцятого та дванадцятого елементів I.

Крім того, блок контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній" містить шостий елемент АБО, п'ятий блок часової затримки та шістнадцятий елемент I, причому перший і другий входи шостого елемента АБО з'єднані з виходами відповідно першого і другого підсилювачів, а вихід через п'ятий блок часової затримки підключений до першого входу шістнадцятого елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, а вихід підключений до другого входу блока блокування.

Регулятор напруги для силових трансформаторів пояснюється кресленнями, причому на фіг. 1 зображена структурна схема регулятора, на фіг. 2 - структурна схема блока контролю електропривода в режимі "Застрягання", на фіг. 3 - діаграми, що пояснюють роботу блоків регулятора, на фіг. 4 - діаграми сигналів, що пояснюють роботу регулятора в нормальному режимі, на фіг. 5 - діаграми сигналів, що пояснюють роботу регулятора при застряганні електропривода в процесі перемикання, на фіг. 6 - діаграми сигналів, що пояснюють роботу регулятора при несправності власної схеми, на фіг. 7 - діаграми сигналів, що пояснюють роботу регулятора при несправності електропривода.

Пристрій містить (фіг. 1): 1 - фільтр; 2, 3 - перший і другий тригери Шмітта (ТШ) відповідно; 4 - перший елемент АБО; 5 - третій блок часової затримки (БЧЗ); 6, 7 - перший та другий елементи I відповідно; 8 - елемент HI; 9 - четвертий БЧЗ; 10, 11 - дев'ятий і десятий елементи I відповідно; 12 - другий елемент АБО; 13 - третій елемент I; 14 - перший блок пам'яті (БП); 15, 16 - четвертий і п'ятий елементи I відповідно; 17 - третій елемент АБО; 18 - перший підсилювач; 19 - перший перетворювач імпульсного сигналу в потенційний (ПІСП); 20 - перший БЧЗ; 21 - датчик струму (ДС); 22 - суматор; 23 - блок формування і зміни зони нечутливості (БФЗН); 24 - блок формування і зміни уставки напруги (БФУН); 25 - пороговий блок (ПБ); 26 - блок зміни періоду тактових імпульсів (БЗПТІ); 27 - генератор тактових імпульсів (ГТІ); 28 - блок контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній"; 29 - блок контролю електропривода в режимі "Застрягання"; 30 - блок блокування (ББ); 31 - блок сигналізації (БС); 32 - блок перемикання ГТІ в нормальному режимі; 33 - другий ПІСП; 34 - другий БЧЗ; 35, 36 - одинадцятий і дванадцятий елементи I відповідно; 37 - четвертий елемент АБО; 38, 39 - шостий і сьомий елементи I відповідно; 40 - другий БП; 41 - восьмий елемент I; 42 - п'ятий елемент АБО; 43 - другий підсилювач; 44 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 45 - регістр; 46 - диференціюючий елемент; 47 - формувач імпульсів; 48 - лічильник імпульсів; 49 - дешифратор; 50 - перший цифровий компаратор; 51, 52, 53 - тринадцятий, чотирнадцятий і п'ятнадцятий елементи I відповідно; 54, 55 - перший і другий цифрові суматори відповідно; 56 - перший функціональний перетворювач; 57, 58 - блоки формування сигналу верхньої та нижньої меж регулювання напруги; 59, 60 - третій і четвертий цифрові суматори відповідно; 61 - другий

функціональний перетворювач; 62 - блок допустимого часу входження напруги в зону нечутливості; 63 - другий цифровий компаратор, причому вхід ДС 21 підключений до кола струму навантаження $I_{н1}$ а вихід з'єднаний з першим входом суматора 22, другий вхід якого підключений до кола напруги навантаження $U_{н1}$, а перший вихід з'єднаний з першим входом

5 БФЗН 23, вихід якого підключений до входу БФУН 24, вихід якого з'єднаний з входом ПБ 25, вихід якого підключений до входів першого 19 і другого 33 ПІСП, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно першого 20 і другого 34 БЧЗ, виходи яких підключені до перших входів відповідно п'ятого 16 і сьомого 39 елементів I, виходи яких з'єднані з першими входами

10 відповідно четвертого 15 і восьмого 41 елементів I та з третіми входами третього 13 і шостого 38 елементів I, виходи останніх підключені відповідно до входів першого 14 і другого 40 БП, виходи яких відповідно з'єднані з другими входами четвертого 15 і восьмого 41 елементів I, виходи першого 18 і другого 43 підсилювачів підключені в кола керування електроприводом, перший і другий входи БЗПТІ 26 з'єднані з виходами відповідно першого 20 і другого 34 БЧЗ, а

15 вихід підключений до входу ГТІ 27, вихід якого з'єднаний з другими входами першого 20 і другого 34 БЧЗ, а також з третім входом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній" 28, перший і другий входи якого підключені до виходів відповідно першого 18 і другого 43 підсилювачів, вхід блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 з'єднаний з електроприводом, а вихід підключений до другого входу БФЗН 23, до третього

20 входу БЗПТІ 26, а також до першого входу блока контролю електропривода в режимі "Застрягання" 29, другий вхід якого з'єднаний з виходом ГТІ 27, а вихід підключений до першого входу ББ 30, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній" 28, третій вхід з'єднаний з колом подачі сигналу "Скид", а вихід підключений до других входів п'ятого 16 і сьомого 39 елементів I, вхід фільтра 1

25 підключений до другого виходу суматора 22, а вихід з'єднаний з входами першого 2 і другого 3 ТШ, виходи яких підключені відповідно до першого і другого входів першого елемента АБО 4, а також до перших входів відповідно першого 6 і другого 7 елементів I, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно третього 17 і п'ятого 42 елементів АБО, другі входи яких підключені до виходів відповідно четвертого 15 і восьмого 41 елементів I, а виходи з'єднані з

30 входами відповідно першого 18 і другого 43 підсилювачів, вихід першого елемента АБО 4 підключений до входу третього БЧЗ 5, вихід якого з'єднаний з другими входами першого 6 і другого 7 елементів I, вхід елемента НІ 8 підключений до виходу блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32, а вихід з'єднаний з входом четвертого БЧЗ 9, вихід якого підключений до третіх входів першого 6 і другого 7 елементів I, четверті входи яких з'єднані з виходом ББ 30, вхід БС 31 підключений до виходу ББ 30, виходи другого 12 і четвертого 37 елементів АБО

35 з'єднані відповідно з першими входами третього 13 і шостого 38 елементів I, другі входи яких підключені до виходів першого 19 і другого 33 ПІСП відповідно, третій вихід суматора 22 з'єднаний з першим входом АЦП 44 і входом диференціуючого елемента 46, вихід якого через формувач імпульсів 47 підключений до входу лічильника імпульсів 48, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною дешифратора 49, перший вихід якого підключений

40 до синхронізуючого входу регістра 45, а другий вихід з'єднаний з другим входом АЦП 44, вихідна цифрова шина якого підключена відповідно до другої вхідної цифрової шини першого цифрового суматора 54 і до перших вхідних цифрових шин другого 55 та четвертого 60 цифрових суматорів, а також з'єднана з другою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 50 та з вхідною цифровою шиною регістра 45, вихідна цифрова шина якого

45 підключена до другої вхідної цифрової шини другого 55 цифрового суматора та до перших вхідних цифрових шин першого 54 та третього 59 цифрових суматорів, а також до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора 50 відповідно, перший, другий та третій виходи першого цифрового компаратора 50 з'єднані відповідно з першими входами тринадцятого 51, чотирнадцятого 52 та п'ятнадцятого 53 елементів I, другі входи яких

50 підключені до третього виходу дешифратора 49, а виходи тринадцятого 51 та п'ятнадцятого 53 елементів I з'єднані відповідно з синхронізуючими входами другого 55 і четвертого 60 та першого 54 і третього 59 цифрових суматорів, вихідні цифрові шини першого 54 та другого 55 цифрових суматорів підключені до вхідної шини першого функціонального перетворювача 56, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого

55 функціонального перетворювача 61, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідними цифровими шинами третього 59 та четвертого 60 цифрових суматорів, другі вхідні цифрові шини третього 59 та четвертого 60 цифрових суматорів підключені відповідно до виходів блоків формування сигналу верхньої 57 та нижньої 58 межі регулювання, вихідна цифрова шина блока допустимого часу входження напруги в зону нечутливості 62 з'єднана з другою вхідною

60 цифровою шиною другого цифрового компаратора 63, перша вхідна цифрова шина якого

підключена до вихідної цифрової шини другого функціонального перетворювача 61, а вихід з'єднаний з першими входами дев'ятого 10, десятого 11, одинадцятого 35 і дванадцятого 36 елементів I, другі входи десятого 11 і дванадцятого 36 та дев'ятого 10 і одинадцятого 35 елементів I підключені відповідно до виходів тринадцятого 51 та п'ятнадцятого 53 елементів I, а треті входи десятого 11 і одинадцятого 35 елементів I з'єднані з виходом чотирнадцятого елемента I 52, перший та другий входи другого елемента АБО 12 підключені відповідно до виходів дев'ятого 10 та десятого 11 елементів I, перший та другі входи четвертого елемента АБО 37 з'єднані відповідно з виходами одинадцятого 35 та дванадцятого 36 елементів I.

Крім того, блок контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній" 28 (фіг. 2) містить шостий елемент АБО 64, п'ятий блок часової затримки 65 та шістнадцятий елемент I 66, причому перший і другий входи шостого елемента АБО 64 з'єднані з виходами відповідно першого 18 і другого 43 підсилювачів, а вихід через п'ятий блок часової затримки 65 підключений до першого входу шістнадцятого елемента I 66, другий вихід якого з'єднаний з виходом ГТІ 27, а вихід підключений до другого входу блока блокування 30.

Запропонований регулятор працює таким чином.

Основний регульований параметр - напруга мережі $U_{н1}$, яка береться з виходу вимірювального трансформатора напруги, встановленого на трансформаторній підстанції, і коригуючий вплив, який формується ДС 21, пропорційний струму навантаження $I_{н1}$, що знімається з виходу шинного трансформатора струму, подаються на суматор 22, який формує сумарну напругу U_k (фіг. 2, а). Суматор 22 має три виходи - перший а, другий б та третій в.

При появі сигналу на виході а суматора 22 надходить пульсуюча напруга \bar{U}_k (фіг. 3, б), яка створюється двонапівперіодним випрямленням сумарної напруги U_k , подається на вхід диференціюючого елемента 46, на виході якого з являється сигнал, зсунутий відносно вхідного на величину $\frac{\pi}{2}$.

Цей сигнал надходить на вхід формувача імпульсів 47, на виході якого по кожній напівсинусоїді додатної полярності формується короткий імпульс, послідовність яких подається у лічильник імпульсів 48. При цьому на виходах дешифратора 49 імпульси з'являються в моменти часу, що відповідають амплітуді вхідного сигналу пристрою.

Синусоїдальний сигнал із виходу "а" суматора 22 надходить на вхід АЦП 44. В момент появи імпульсу на керуючому вході АЦП 44 на його вихідній цифровій шині з'являється певний код, який подається в регістр 45 і записується при появі імпульсу на його керуючому вході. Таким чином, в регістрі 45 запам'ятовується значення амплітуди вхідного сигналу. Через певний час, обумовлений структурою дешифратора 49, при появі чергового керуючого імпульсу на вході АЦП 44 його вихідний цифровий код подається на другу вхідну цифрову шину першого цифрового компаратора 50. При цьому коди, що відповідають амплітудам вхідного сигналу в різні моменти часу, порівнюються і на виході першого цифрового компаратора 50 з'являється сигнал, який характеризує знак похідної огинаючої синусоїдального сигналу. Імпульс, який надходить з виходу дешифратора 49, розблоковує тринадцятий 51, чотирнадцятий 52 та п'ятнадцятий 53 елементи I, що дає можливість для проходження сигналу з одного з виходів першого цифрового компаратора 50.

Одночасно з виходів АЦП 44 та регістра 45 коди надходять на входи першого 54 та другого 55 цифрових суматорів. В разі появи сигналу на виході тринадцятого елемента I 51 здійснюється операція віднімання попереднього значення амплітуди вхідного сигналу від наступного у першому цифровому суматорі 54. Аналогічна дія відбувається у другому цифровому суматорі 55 при появі сигналу на виході п'ятнадцятого елемента I 53. При цьому у другому цифровому суматорі 55 відбувається віднімання коду наступного значення амплітуди вхідного сигналу від попереднього. Вихідний сигнал із першого 54 або другого 55 цифрових суматорів в залежності від появи вхідних сигналів на їх керуючих входах надходить на вхід першого функціонального перетворювача 56, в якому обчислюється значення похідної огинаючої вхідного сигналу як тангенс кута нахилу огинаючої.

З цифрових виходів АЦП 44 та з регістра 45 коди надходять на перші входи четвертого 60 та третього 59 цифрових суматорів відповідно, на другі входи останніх подаються сигнали із блоків формування нижньої 58 та верхньої 57 меж регулювання напруги. По сигналах з виходів тринадцятого 51 та п'ятнадцятого 53 елементів I в третьому 59 та четвертому 60 цифрових суматорах визначається різниця між амплітудами граничних значень напруги та більшими амплітудами напруги, за якими визначається знак похідної огинаючої напруги. Їхні вихідні сигнали в залежності від появи вхідних сигналів на їх керуючих входах надходять на другий вхід другого функціонального перетворювача 61, а на перший вхід подається сигнал із першого функціонального перетворювача 56 із значенням тангенсу кута огинаючої напруги. В другому

функціональному перетворювачі 61 обчислюється прогнозований час входження напруги в допустиму зону відхилення шляхом ділення значення різниці амплітуд на тангенс кута огинаючої напруги та наступним відніманням значення величини проміжку часу між вимірюваннями першого та другого значень амплітуди.

5 Цифровий код, який характеризує прогнозований час входження напруги в допустиму зону відхилення подається на перший цифровий вхід другого цифрового компаратора 63, в якому порівнюється із значенням допустимого часу відхилення напруги від номінального, який відповідає цифровому коду, що надходить із блока допустимого часу входження напруги в зону нечутливості 62. Дане значення подається на другий цифровий вхід другого цифрового
10 компаратора 63. У випадку, якщо прогнозований час входження напруги в допустиму зону відхилення більший за допустимий, то на виході другого цифрового компаратора 63 з'являється цифровий сигнал, який подається на другі прямі входи дев'ятого 10 та дванадцятого 36 елементів I та на треті інвертуючі входи десятого 11 та одинадцятого 35 елементів I.

15 Дешифратор 49 реалізований таким чином, що спочатку сигнал з'являється на його другому виході, потім - на першому, потім - знову на другому і останнім з'являється сигнал на третьому виході.

З виходу "а" суматора 22 надходить пульсуюча напруга \bar{U}_k (фіг. 3, б), яка створюється двонапівперіодним випрямленням сумарної напруги U_k і несе інформацію про зміни огинаючої цієї напруги. З виходу "б" суматора 22 надходить змінна напруга \tilde{U}_k (фіг. 3, в), амплітуда X
20 від'ємних імпульсів якої пропорційна середньому значенню сумарної напруги. В БФЗН 23 відбувається модуляція сигналу \tilde{U}_k , (фіг. 3, в) сигналом трапецеїдальної форми U_3 (фіг. 3 г), що задає значення зони нечутливості. На виході БФЗН 23 має місце сигнал $U_{кз}$ (фіг. 3, д), різниця амплітуд $\Delta X = X_1 - X_2$ імпульсів від'ємної полярності якого несе інформацію про задане значення зони нечутливості. Сигнал $U_{кз}$ з виходу БФЗН 23 подається на вхід БФУН 24, у якому з нього формується імпульсний сигнал $U_{кзв}$, (фіг. 3, е), амплітуди імпульсів якого Y_1 і Y_2 посилюються або послаблюються так, щоб задавати необхідний рівень напруги на шинах трансформаторної підстанції. Імпульсний сигнал $U_{кзв}$ (фіг. 3, е), який несе інформацію про задану зону нечутливості й уставку регулятора по напрузі, з виходу БФУН 24 надходить на вхід ПБ 25, основним
25 елементом якого є стабілітрон із заданим порогом спрацьовування $U_{пор}$. Якщо $Y_1 < U_{пор}$ і $Y_2 < U_{пор}$, то струм через стабілітрон настільки малий, що на виході ПБ 25 сигнал відсутній. Якщо $Y_1 > U_{пор}$, але $Y_2 < U_{пор}$, то тільки імпульси більшої амплітуди збуджують стабілітрон, в результаті чого на виході ПБ 25 з'являється послідовність прямокутних імпульсів з частотою мережі 50 Гц. Якщо ж $Y_1 > U_{пор}$ і $Y_2 > U_{пор}$, то стабілітрон збуджується кожним імпульсом сигналу $U_{кзв}$ (фіг. 3, е), тому на виході ПБ 25 має місце послідовність прямокутних імпульсів із частотою 100 Гц. Таким чином,
35 відсутність імпульсного сигналу на виході ПБ 25 вказує на те, що регульований параметр U_k (фіг. 3, а) має значення менше допустимого; наявність на цьому виході послідовності імпульсів з частотою 50 Гц свідчить про те, що параметр U_k знаходиться в області допустимих значень, які задаються вибраною зоною нечутливості й уставкою; якщо ж на виході ПБ 25 має місце послідовність імпульсів з частотою 100 Гц, то це свідчить про те, що параметр U_k має значення,
40 більше допустимого. З виходу ПБ 25 імпульсний сигнал подається на входи першого 19 і другого 33 ПІСП. Обидва ПІСП побудовані так, що при подачі на їх вхід послідовності імпульсів з частотою 50 Гц на виході потенційний сигнал відсутній - це відповідає знаходженню регульованої напруги в області допустимих значень. На виході другого ПІСП 33 потенційний сигнал з'являється тільки тоді, коли на його вході імпульсний сигнал відсутній - це свідчить про те, що рівень регульованої напруги нижче допустимого. На виході першого ПІСП 19 потенційний сигнал має місце тільки при надходженні на його вхід послідовності імпульсів з частотою 100 Гц - це відповідає перевищенню регульованою напругою верхнього допустимого значення. Вихідний потенційний сигнал першого ПІСП 19 запускає перший БЧЗ 20 каналу видачі команди "Зменшити", а вихідний потенційний сигнал другого ПІСП 33 запускає другий БЧЗ 34 каналу
50 видачі команди "Збільшити". Перший 20 і другий 34 БЧЗ необхідні для того, щоб регулятор не послав в схему електропривода пристрою РПН команди "Зменшити" або "Збільшити" у відповідь на короточасні імпульсні коливання напруги, які виникають в мережі щораз при вмиканні або відключенні потужного споживача. Перший БЧЗ 20 (або другий БЧЗ 34) спрацьовує по закінченні встановленої витримки часу від імпульсу ГТІ 27, його вихідний сигнал подається на вхід п'ятого елемента 116 (або сьомого 39), на другий (інвертуючий) вхід якого подається сигнал з виходу ББ 30. При справному регуляторі і електроприводі на виході ББ 30 присутній сигнал логічного нуля, тому на виході п'ятого елемента I 16 (або сьомого 39) з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід четвертого елемента 115 (або восьмого 41). На другий вхід цього елемента надходить потенційний сигнал, що формується в

першому БП 14 (або другому 40), який запам'ятовує рішення про перемикання в сторону "Зменшення" (або "Збільшення") напруги. Рішення про перемикання визначається за сукупністю логічних правил, а саме за напрямком, кутом нахилу похідної огинаючої контрольованої напруги і прогнозованим часом входження цієї напруги в межі нечутливості. Сигнали про перемикання надходять із виходів другого 12 та четвертого 37 елементів АБО на перші входи відповідно третього 13 і шостого 38 елементів І, на другі входи яких надходять сигнали з виходів першого 19 і другого 33 ПІСП відповідно, а на треті (інвертуючі) входи надходять сигнали з виходів першого 20 і другого 34 БЧЗ відповідно через відповідні п'ятий 16 і сьомий 39 елементи І. Таким чином, третій 13 і шостий 38 елементи І відкриті тільки протягом заданої витримки часу, встановленої в першому 20 і другому 34 БЧЗ. Цього часу достатньо для проходження на перший 14 і другий 40 БП сигналів про перемикання. Відсічка цих сигналів після початку руху електропривода і їх запам'ятовування необхідні для того, щоб забезпечити стійкість алгоритму перемикання пристрою РПН на одне відгалуження при можливих змінах огинаючої регульованої напруги в одному такті регулювання. У випадку якщо контрольована напруга вийшла за верхню (або нижню) зону нечутливості і похідна огинаючої напруги більше рівна (або менше рівна) нулю і в даному випадку не визначається прогнозований час входження в зону нечутливості, то на перший (інвертуючий) вхід десятого елемента І 11 (або одинадцятого 35) надходить сигнал логічного нуля із виходу другого цифрового компаратора 63, на другий вхід надходить сигнал із виходу чотирнадцятого елемента І 52 (що означає рівність похідної огинаючої напруги нулю), а на третій вхід - з тринадцятого елемента 151 (або п'ятнадцятого 53) (що означає, що похідна огинаючої напруги більша (або менша) нуля). При цьому на виході десятого елемента І 11 (або одинадцятого 35) формується сигнал логічної одиниці, який надходить на перший вхід другого елемента АБО 12 (або четвертого 37), на другий вхід якого надходить сигнал із дев'ятого елемента 110 (або дванадцятого 36). На перший вхід останнього подається сигнал із другого цифрового компаратора 63 (якщо час входження в зону нечутливості похідної огинаючої напруги більший або рівний заданого, то на виході другого цифрового компаратора 63 присутній сигнал логічної одиниці), на другий вхід якого надходить сигнал з п'ятнадцятого елемента І 53 (або тринадцятого 51).

Вихідними сигналами першого 18 або другого 43 підсилювачів, що відповідають командам "Зменшити" або "Збільшити", запускаються електроприводи пристроїв РПН силових трансформаторів, які можуть бути і різнотипними і характеризуватись неоднаковим часом перемикання. Для забезпечення одночасності перемикання електроприводів період імпульсів ГТІ 27 за допомогою БЗПТІ 26 може задаватися на рівні 0,6-0,8 часу перемикання як швидкохідного електропривода, так і тихохідного. Управляється БЗПТІ 26 блоком перемикання ГТІ в нормальному режимі 32. ГТІ 27 задає послідовність усіх процесів керування і контролю під час циклу перемикання пристрою РПН на одне відгалуження.

Такт роботи пристрою в нормальному режимі пояснюється діаграмою сигналів, приведеною на фіг. 4. Якщо регульована напруга знаходиться в області допустимих значень, то ГТІ 27 генерує послідовність імпульсів із періодом τ_1 (фіг. 4, а). При виході регульованої напруги в момент t_1 (фіг. 4, д) з області допустимих значень регулятор видає у схему електропривода пристрою РПН команду "Зменшити" або "Збільшити" (фіг. 4, б). При вмиканні електропривод кулачковим елементом забезпечує собі режим самоутримання (фіг. 4, в) при перемиканні пристрою РПН на одне відгалуження незалежно від сигналів на виходах першого 18 і другого 43 підсилювачів регулятора напруги. Той же кулачковий елемент забезпечує подачу на вхід блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 сигналу "Перемикання" (фіг. 4, г). По сигналу "Перемикання" блок перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 посилає сигнал, який змінює структуру БЗПТІ 26 таким чином, що ГТІ 27 починає генерувати імпульси з періодом τ_2 (фіг. 4, а). Якщо період тактових імпульсів не змінюється, то це свідчить про несправність регулятора. Справний електропривод повинний завершити перемикання пристрою РПН на одне відгалуження за час t' (фіг. 4, д). Якщо тривалість сигналу "Перемикання" (фіг. 4, г), що надходить на вхід блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 і відповідає тривалості режиму самоутримання електроприводу (фіг. 4, в), буде більше t' , то це свідчить про те, що електропривод "застряг". Якщо регулятор і електроприводи пристрою РПН справні, то після здійснення перемикання пристрою РПН на одне відгалуження електропривод відключається, що призводить до зникнення сигналу "Перемикання" на вході блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32, який посилає сигнал на зміну структури БЗПТІ 26, встановлюючи знову період тактових імпульсів рівний τ_1 (фіг. 4, а). Якщо перемикання на одне відгалуження пристрою РПН виявилось недостатнім для того, щоб регульована напруга ввійшла в область допустимих значень, то регулятор здійснює другий такт перемикання, аналогічний першому. Блок перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 крім формування команди на зміну періоду

тактових імпульсів виконує ще одну функцію - по сигналу "Перемикання" він встановлює таке значення зони нечутливості в БФЗН 23, при якому будь-який сигнал, що надходить на вхід БФЗН 23 по тракту регулювання, знаходиться в зоні нечутливості. Це призводить до того, що після вмикання електроприводу сигнал на виході першого 18 або другого 43 підсилювача зникає. При цьому електропривод встигає увійти в режим самоутримання (фіг. 4, в), а зникнення сигналів з виходів першого 18 і другого 43 підсилювачів використовується для перевірки справності власної схеми регулятора.

Якщо імпульс ГТІ позначений I на фіг. 4, а, формує команду "Зменшити" або "Збільшити" (фіг. 6, б), яка нормально відпрацьовується електроприводом (фіг. 6, в), то імпульс ГТІ, позначений II (фіг. 6, а), надходить на вхід блока контролю електропривода в режимі "Застрягання" 29 вже після того, як на його другий вхід перестає надходити сигнал з виходу блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32, який зникає разом із зникненням сигналу "Перемикання" (фіг. 3, г). Тому на виході блока контролю електропривода в режимі "Застрягання" 29, що реалізує логічну функцію I, сигнал не з'явиться. Якщо ж відбулося "Застрягання" електропривода (фіг. 5, в), то під дією сигналу "Перемикання" (фіг. 5, г) на вхід блока контролю електропривода в режимі "Застрягання" 29 надходить сигнал з виходу блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 і в той момент, коли на другий вхід блока 29 прийде імпульс II (фіг. 5, а) з виходу ГТІ 27. Внаслідок цього на виході блока 29 з'являється імпульс, який надходить на вхід ББ 30, останній переходить в режим самоутримання і на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на другі (інвертуючі) входи п'ятого 16 і сьомого 39 елементів I і закриває їх. Це забороняє видачу команд "Зменшити" або "Збільшити" на електропривод. Сигнал логічної одиниці з виходу ББ 30 надходить також на БС 31, який забезпечує світлову і звукову сигналізацію про несправність. В початковий стан ББ 30 повертається тільки після полагодження несправності і ручної подачі на нього сигналу "Скид" від зовнішнього джерела. Якщо команда "Зменшити" або "Збільшити" (фіг. 6, б) сформувалась в результаті несправності власної схеми регулятора, що призвело до блокування тракту регулювання, то по сигналу "Перемикання" (фіг. 6, г) перший 20 або другий 34 БЧЗ не може повернутись у вихідний стан. В цьому випадку, незалежно від приходу з виходу блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 на вхід БЗПТІ 26 сигналу на перебудову структури останнього, ГТІ 27 продовжує генерувати імпульси з періодом τ_1 (фіг. 6, а). Тому імпульс, позначений номером II (фіг. 6, а) ГТІ, надходячи на вхід блока контролю електропривода в режимі "Застрягання" 29, на другому вході якого вже є вихідний сигнал блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32, викликає появу на виході блока 29 сигналу, який надходить на вхід ББ 30, що призводить до блокування керуючих сигналів регулятора і до сигналізації про несправність.

Якщо при появі команди "Зменшити" або "Збільшити" (фіг. 7, б) електропривод знаходиться в режимі "Рух відсутній" (фіг. 7, в), то на вхід блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32 не надходить сигнал "Перемикання" (фіг. 7, г), тому ГТІ 27 продовжує генерувати послідовність імпульсів з періодом τ_1 . Імпульс номер II ГТІ (фіг. 7, а), впливаючи на блок контролю схеми регулятора і електроприводу в режимі "Рух відсутній" 28 разом з сигналом, що надійшов з виходу першого 18 або другого 43 підсилювача, викликає появу на виході блока 28 сигналу, який надходить на вхід ББ 30, що призводить до блокування керуючих сигналів регулятора і до сигналізації про несправність.

З виходу "в" суматора 22 пульсуюча напруга \bar{U}_k (фіг. 3, б) надходить на фільтр 1, з виходу якого потенціальний сигнал подається на входи першого 2 і другого 3 ТШ, які виконують роль порогових елементів і задають межі другої зони нечутливості, ширина якої більша за ширину зони нечутливості, що формується БФЗН 23. Перший ТШ контролює вихід напруги за верхню межу другої зони нечутливості, а другий ТШ 3 - за нижню. Якщо значення напруги виходить за межі другої зони нечутливості, то на виході першого ТШ 2 (при виході напруги за верхню межу зони) або другого ТШ 3 (при виході напруги за нижню межу зони) з'являється сигнал логічної одиниці. Цей сигнал надходить на перший вхід відповідно першого 6 або другого 7 елемента I, і одночасно, проходячи через перший елемент АБО 4 та третій БЧЗ 5, подається на другий вхід того ж елемента I. Затримка сигналу третього БЧЗ 5 необхідна для запобігання реакції системи на пікове збурення. Якщо РПН не заходиться в процесі перемикання, то на вхід елемента HI 8 надходить сигнал логічного нуля з виходу блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32, а на виході елемента HI 8 присутній сигнал логічної одиниці. Цей сигнал, проходячи через четвертий БЧЗ 9, подається на третій входи першого 6 і другого 7 елементів I. При справних регуляторі і електроприводі з виходу ББ 30 на четверті (інвертуючі) входи першого 6 і другого 7 елементів I надходить сигнал логічного нуля. Таким чином, сигнал логічної одиниці на виході першого елемента I 6 (або другого 7) з'являється при виході значення контрольованої напруги

за верхню (або нижню) межу другої зони нечутливості на протязі часу, який задається третій БЧЗ 5, і нерухомому електроприводі пристрою РПН силового трансформатора. Цей сигнал, проходячи через третій елемент АБО 17 (або п'ятий 42) і перший підсилювач 18 (або другий 43), дає команду пристрою РПН на перемикання відгалужень в сторону зменшення (або збільшення) напруги вторинної обмотки силового трансформатора. Коли електропривод пристрою РПН починає рух, на вході елемента НІ 8 з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить з виходу блока перемикання ГТІ в нормальному режимі 32, а на виході елемента НІ 8 з'являється сигнал логічного нуля, який через четвертий БЧЗ 9 без затримки надходить на треті входи першого 6 і другого 7 елементів І і забороняє подачу керуючих сигналів на пристрій РПН. По закінченні перемикання на вхід елемента НІ 8 подається сигнал логічного нуля, а на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який, проходячи через четвертий БЧЗ 9, через деякий час з'являється на його виході і подається на треті входи першого 6 і другого 7 елементів І, що дозволяє проводити подальше перемикання пристрою РПН. Затримка сигналу дозволу на перемикання на час, який задається четвертим БЧЗ 9, потрібна для відстроювання від перехідних процесів в електричній мережі і фільтри 1 після закінчення перемикання, що забезпечує стійку роботу системи регулювання. Коли в результаті серії перемикань напруга на вторинній обмотці силового трансформатора заходить в зону нечутливості, яка задається БФЗН 23, на виходах першого 2 і другого 3 ТШ з'являються сигнали логічного нуля, які подаються на перші входи першого 6 і другого 7 елементів І, що призводить до появи на їх виходах сигналів логічного нуля.

При несправності схеми регулятора або електропривода з виходу ББ 30 на четверті (інвертуючі) входи першого 6 і другого 7 елементів І надходить сигнал логічної одиниці, що призводить до блокування видачі керуючих сигналів на електропривод.

Оскільки час затримки сигналів третього 5 і четвертого 9 БЧЗ значно менший за час затримки сигналів першого 20 і другого 34 БЧЗ, то при значних відхиленнях напруги регулятор швидко проводить серію перемикань пристрою РПН для приведення регульованої напруги до нормованого значення.

Для коректної роботи регулятора блок контролю схеми регулятора і електропривода 28 реалізовано на шостому елементі АБО 64 (фіг. 2), на входи якого подаються сигнали з виходів першого 18 і другого 43 підсилювачів, а вихідний сигнал через п'ятий БЧЗ 65 надходить на перший вхід шістнадцятого елемента І 66, на другий вхід якого подаються імпульси з ГТІ 27, а вихідний сигнал надходить на другий вхід ББ 30. Введення п'ятого БЧЗ 65 обумовлене тим, що реакція регулятора на значні відхилення регульованої напруги не синхронізована з роботою ГТІ 27. А це може призвести до хибного спрацювання ББ 30. Тому тривалість часу затримки сигналу в п'ятому БЧЗ 65 вибирається не меншою за тривалість часу входження електроприводу в режим самоутримання і не більшою за τ_1 .

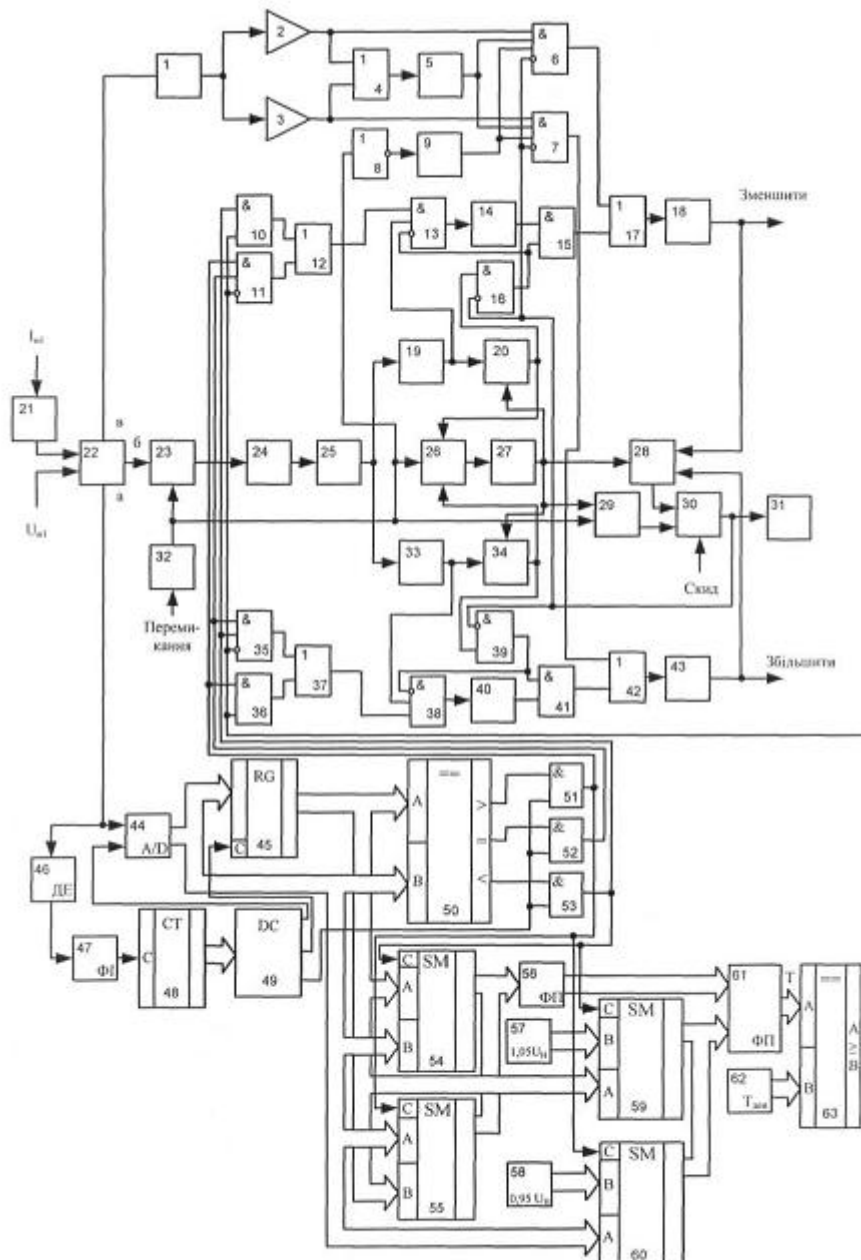
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Регулятор напруги для силових трансформаторів, що містить фільтр, два тригери Шмітта, чотири блоки часової затримки, два блоки пам'яті, датчик струму, генератор тактових імпульсів, суматор, блок формування і зміни зони нечутливості, блок формування і зміни уставки напруги, пороговий блок, блок зміни періоду тактових імпульсів, блок контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", блок контролю електропривода в режимі "Застрягання", блок блокування, блок сигналізації, блок перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, два підсилювачі, п'ять елементів АБО, вісім елементів І, елемент НІ, два перетворювачі імпульсного сигналу в потенційний, причому вхід датчика струму підключений до кола струму навантаження $I_{н,1}$, а вихід з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до кола напруги навантаження $U_{н,1}$, а перший вихід з'єднаний з першим входом блока формування і зміни зони нечутливості, вихід якого підключений до входу блока формування і зміни уставки напруги, вихід якого з'єднаний з входом порогового блока, вихід якого підключений до входів першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно першого і другого блоків часової затримки, виходи яких підключені до перших входів відповідно п'ятого і сьомого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно четвертого і восьмого елементів І та з третіми входами третього і шостого елементів І, виходи останніх підключені відповідно до входів першого і другого блоків пам'яті, виходи яких відповідно з'єднані з другими входами четвертого і восьмого елементів І, виходи першого і другого підсилювачів підключені в кола керування електроприводом, перший і другий входи блока зміни періоду тактових імпульсів з'єднані з виходами відповідно першого і другого блоків часової затримки, а вихід

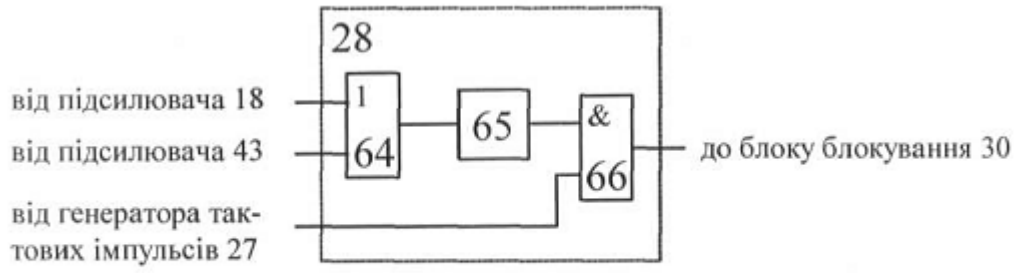
підключений до входу генератора тактових імпульсів, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого блоків часової затримки, а також з третім входом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", перший і другий входи якого підключені до виходів відповідно першого і другого підсилувачів, вхід блока перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі з'єднаний з електроприводом, а вихід підключений до другого входу блока формування і зміни зони нечутливості, до третього входу блока зміни періоду тактових імпульсів, а також до першого входу блока контролю електропривода в режимі "Застрягання", другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, а вихід підключений до першого входу блока блокування, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока контролю схеми регулятора і електропривода в режимі "Рух відсутній", третій вхід з'єднаний з колом подачі сигналу "Скид", а вихід підключений до других входів п'ятого і шостого елементів І, вхід фільтра підключений до другого виходу суматора, а вихід з'єднаний з входами першого і другого тригерів Шмітта, виходи яких підключені відповідно до першого і другого входів першого елемента АБО, а також до перших входів відповідно першого і другого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами відповідно третього і п'ятого елементів АБО, другі входи яких підключені до виходів відповідно четвертого і восьмого елементів І, а виходи з'єднані з входами відповідно першого і другого підсилувачів, вихід першого елемента АБО підключений до входу третього блока часової затримки, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого елементів І, вхід елемента ІІ підключений до виходу блока перемикання генератора тактових імпульсів в нормальному режимі, а вихід з'єднаний з входом четвертого блока часової затримки, вихід якого підключений до третіх входів першого і другого елементів І, четверті входи яких з'єднані з виходом блока блокування, вхід блока сигналізації підключений до виходу блока блокування, виходи другого і четвертого елементів АБО з'єднані відповідно з першими входами третього і шостого елементів І, другі входи яких підключені до виходів першого і другого перетворювачів імпульсного сигналу в потенційний відповідно, який **відрізняється** тим, що в нього введено аналого-цифровий перетворювач, диференціюючий елемент, формувач імпульсів, лічильник імпульсів, регістр, дешифратор, два цифрових компаратори, чотири цифрових суматори, два функціональні перетворювачі, дев'ятий, десятий, одинадцятий, дванадцятий, тринадцятий, чотирнадцятий, п'ятнадцятий елементи І, блок формування сигналу верхньої межі регулювання напруги, блок формування сигналу нижньої межі регулювання напруги, блок допустимого часу входження напруги в зону нечутливості, причому третій вихід суматора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача і входом диференціюючого елемента, вихід якого через формувач імпульсів підключений до входу лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною дешифратора, перший вихід якого підключений до синхронізуючого входу регістра, а другий вихід з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена відповідно до другої вхідної цифрової шини першого цифрового суматора і до перших вхідних цифрових шин другого та четвертого цифрових суматорів, а також з'єднана з другою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора та з вхідною цифровою шиною регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового суматора та до перших вхідних цифрових шин першого та третього цифрових суматорів, а також до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора відповідно, перший, другий та третій виходи першого цифрового компаратора з'єднані відповідно з першими входами тринадцятого, чотирнадцятого та п'ятнадцятого елементів І, другі входи яких підключені до третього виходу дешифратора, а виходи тринадцятого та п'ятнадцятого елементів І з'єднані відповідно з синхронізуючими входами другого і четвертого та першого і третього цифрових суматорів, вихідні цифрові шини першого та другого цифрових суматорів підключені до вхідної шини першого функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідними цифровими шинами третього та четвертого цифрових суматорів, другі вхідні цифрові шини третього та четвертого цифрових суматорів підключені відповідно до виходів блоків формування сигналу верхньої та нижньої межі регулювання, вихідна цифрова шина блока допустимого часу входження напруги в зону нечутливості з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, а вихід з'єднаний з першими входами дев'ятого, десятого, одинадцятого і дванадцятого елементів І, другі входи десятого і дванадцятого та дев'ятого і одинадцятого елементів І підключені відповідно до виходів тринадцятого та п'ятнадцятого елементів І, а треті входи десятого і одинадцятого елементів І з'єднані з виходом чотирнадцятого елемента І, перший та другий входи другого елемента АБО

підключені відповідно до виходів дев'ятого та десятого елементів І, перший та другий входи четвертого елемента АБО з'єднані відповідно з виходами одинадцятого та дванадцятого елементів І.

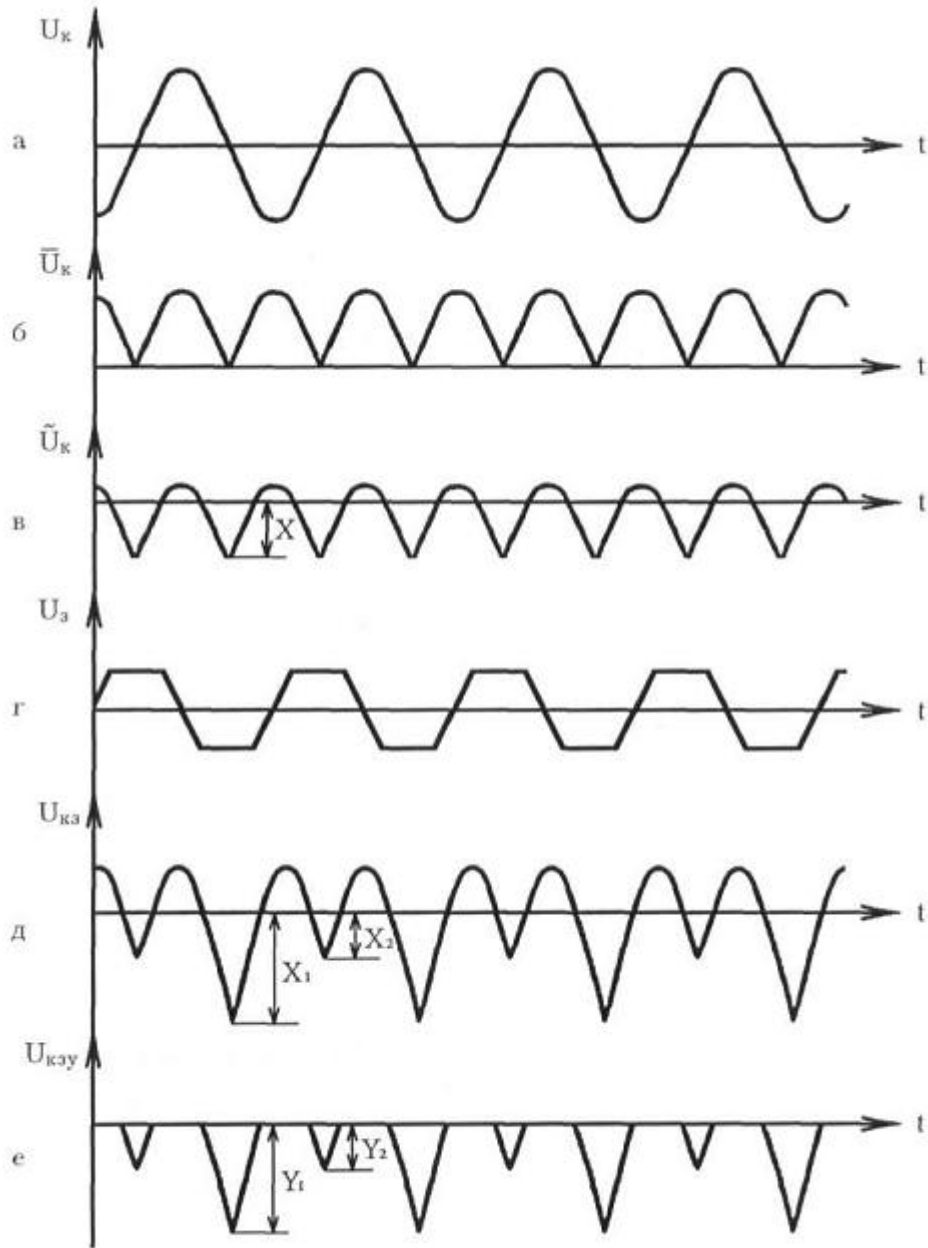
2. Регулятор напруги для силових трансформаторів за п. 1, який **відрізняється** тим, що блок контролю схеми регулятора і електроприводу в режимі "Рух відсутній" містить шостий елемент АБО, п'ятий блок часової затримки та шістнадцятий елемент І, причому перший і другий входи шостого елемента АБО з'єднані з виходами відповідно першого і другого підсилювачів, а вихід через п'ятий блок часової затримки підключений до першого входу шістнадцятого елемента І, другий вихід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, а вихід підключений до другого входу блока блокування.



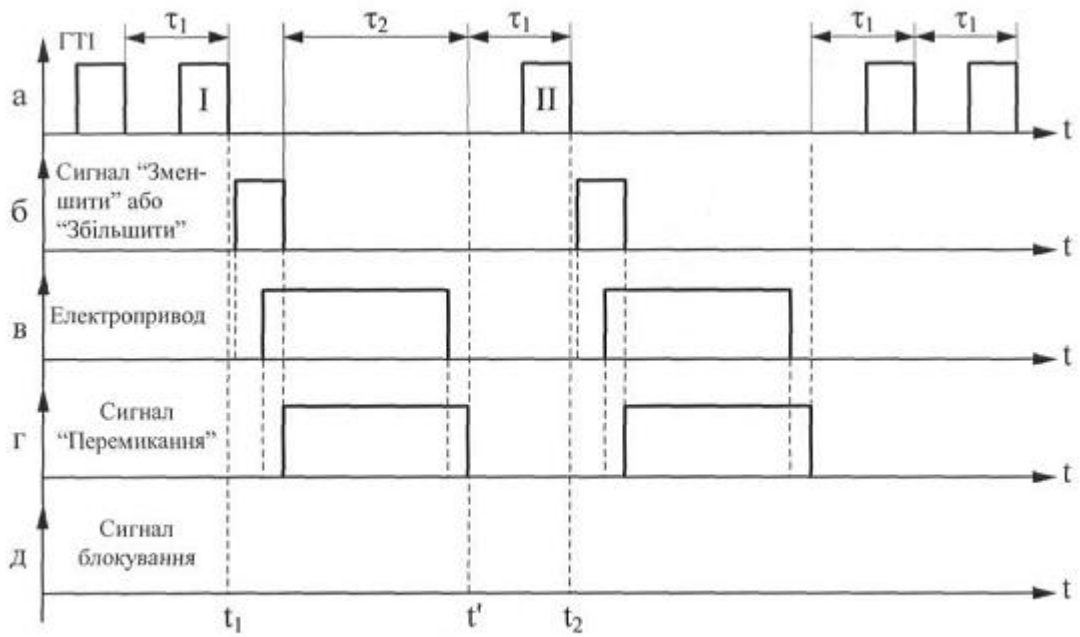
Фіг. 1



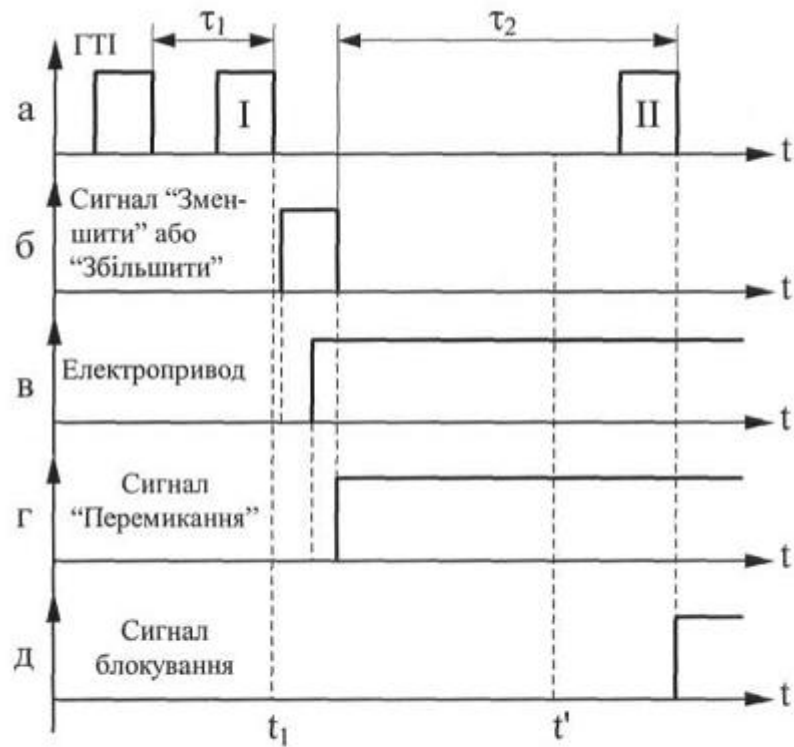
Фіг. 2



Фіг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

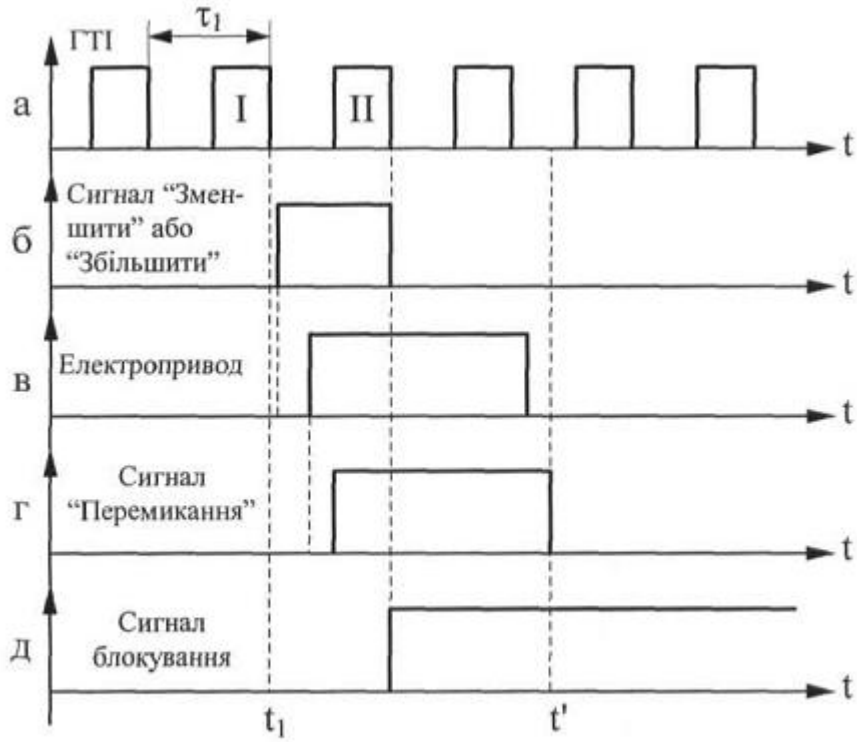


Fig. 6

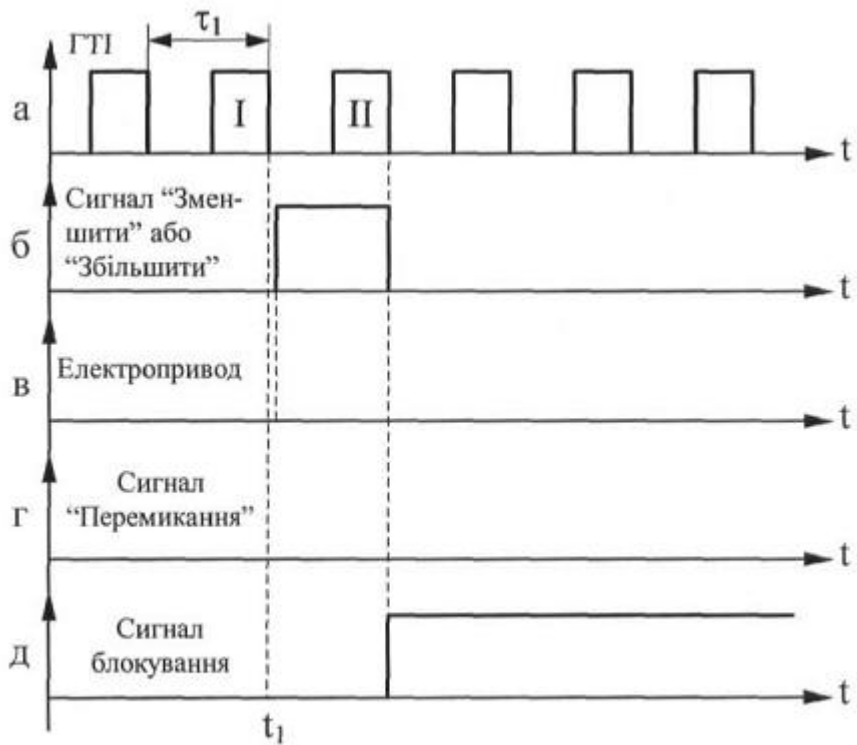


Fig. 7

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601