



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 83580

(13) C2

(51) МПК (2006)

H02H 5/00

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

(54) ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

1

2

(21) а200613624

(22) 22.12.2006

(46) 25.07.2008, Бюл.№ 14, 2008 р.

(72) ТЕРЬОШИН ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ, UA,
БАБАЄВ МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ, UA, ПАНАРІ-
НА ЄВГЕНІЯ МИКОЛАЇВНА, UA, БІЛОУСОВ ОЛЕ-
КСАНДР ФЕДОРОВИЧ, UA(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗ-
НИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, UA

(56) SU 902146, 30.01.1982

SU 1534617, 07.01.1990

RU 2120166, 10.10.1998

(57) 1. Пристрій захисту електрообладнання, що містить блок керування і силовий блок, що являє собою паралельне з'єднання гілок, кожна з яких складається з послідовно з'єднаних апаратів захисту й симістора, причому кожний апарат захисту відповідає умові $I_H \geq K_{\Gamma P}$, де I_H - номінальний струм апарата захисту, I_P - розрахунковий струм електрообладнання, $K_{\Gamma P} = 1,05 \div 2,0$ - коефіцієнт запасу,а співвідношення номінальних струмів апаратів захисту кратне K_i , тобто $I_{2H} = I_{1H}/K_2$, $I_{3H} = I_{2H}/K_3$ і до $I_{nH} = I_{(n-1)H}/K_n$, де $K_i = 2 \div 7$ - коефіцієнт пропорційності, I_{1H} , I_{2H} , I_{3H} ... I_{nH} - номінальний струм апарата захисту відповідно до першої, другої, третьої й n-ї гілок, блок керування містить джерело живлення, вхід якого підключений до нейтрального проводу і фази електрообладнання на вході силового блока, вимірювальний орган, що включає в себе генератори імпульсів і трансформатор струму, який євходом багатоканального компаратора, виконано-го на операційних підсилювачах, неінвертувальний вхід одного з яких та інвертувальний вхід інших операційних підсилювачів під'єднані до подільника опорної напруги, а інший вхід кожного операційного підсилювача - до виходу трансформатора струму, вихід кожного генератора імпульсів з'єднаний з ланцюгом керування свого симістора, причому кількість операційних підсилювачів, генераторів імпульсів і каналів компаратора дорівнює числу апаратів захисту в силовому блоці, який **відрізняється** тим, що блок керування додатково має фіксатор нуля напруги, який складається з компаратора й транзисторного ключа, і орган часового збігу, який складається з логічних елементів типу "І" по одному в кожному каналі компаратора вимірювального органа, причому один вхід кожного логічного елемента з'єднаний з виходом транзисторного ключа, інший вхід - з виходами компаратора вимірювального органа, а вихід кожного логічного елемента з'єднаний із входами генераторів імпульсів.2. Пристрій захисту електрообладнання за п. 1, який **відрізняється** тим, що фіксатор нуля напруги містить компаратор на основі операційного підсилювача і транзисторний ключ, вхід якого з'єднаний з виходом операційного підсилювача, а вхід операційного підсилювача з'єднаний з виходом випрямляча, вхід якого з'єднаний з однієї із вторинних обмоток трансформатора напруги джерела живлення.

Винахід відноситься до електротехніки, зокрема, низьковольтні пристрої захисту електрообладнання.

Відомі пристрої захисту електрообладнання, наприклад автоматичні вимикачі, які містять контактну систему та максимальні розчіплювачі струму [Кузнецов Р. С. Аппараты распределения электрической энергии на напряжение до 1000 В. - М.: Энергия, 1970]. Номінальний струм I_H таких автоматичних вимикачів відповідає номінальному аборозрахунковому струму I_P електрообладнання з урахуванням коефіцієнта запасу K , який урахує зону розкидання захисних характеристик автоматичних вимикачів та зону розкидання гранично-припустимих навантажень електрообладнання за струмом та часом, тобто $I_H = K I_P$, де I_H - номінальний струм автоматичного вимикача, I_P - номінальний або розрахунковий струм електрообладнання. Коефіцієнт запасу K в залежності від типу пристрою захисту (автоматичного вимикача або запо-

(13) C2

(11) 83580

(19) UA

біжника) в залежності від виду виконуваних функцій, умов експлуатації та інших особливостей захисного електрообладнання змінюється в межах від 1,05 до 2.

Недоліком такого пристрою захисту є його низька надійність та неефективність для захисту електрообладнання змінної потужності. Особливо це наочно виявляється в разі захисту одним автоматичним вимикачем групи навантажень, кожне з яких комутується своїм комутаційним пристроєм, який не має функції захисту, наприклад магнітним пускачем. Тому через автоматичний вимикач протікає "плаваючий" струм від нуля до I_p . Прикладом захисту такого роду навантажень може служити захист освітлювальних установок, побутових електродвигунів, струм через який визначається потужністю навантаження на валу і яке може мінятися від нуля (режим холостого ходу) до максимуму (режим короткого замикання - загальмований ротор). Крім того, при комутації таких навантажень виникають технологічні "кидки" струму, діапазон яких коливається від 3 до $20I_p$. Такі "кидки" струму прискорюють руйнування ізоляції як електрообладнання так і підводячих проводів. Це веде до підвищення пожежонебезпечної ситуації. Необхідно відзначити, що 80% пожеж відбувається через несправну електропроводку. "Кидки" струму при комутації знижують також термін служби електрообладнання, що захищає.

Найбільш близьким до пристрою, який заявлено, є пристрій захисту електрообладнання, що містить блок керування й силовий блок, що являє собою паралельне з'єднання віток, кожна з яких складається з послідовно з'єднаних апаратів захисту та симістора, причому кожен апарат захисту відповідає умові $I_n \geq K_1 I_p$, де I_n - номінальний струм апарата захисту, I_p - розрахунковий струм електрообладнання, $K_1 = 1,05 \div 2,0$ - коефіцієнт запасу, крім того співвідношення номінальних струмів апаратів захисту кратне K_2 , тобто $I_{2n} = I_{1n}/K_2$, $I_{3n} = I_{2n}/K_2$ і т.д., де $K_2 = 2 \div 7$ - коефіцієнт пропорційності, I_{1n} , I_{2n} , I_{3n} і т.д. - номінальний струм апарата захисту відповідно до першої, другої, третьої й n-ї віток. Блок керування містить джерело живлення, вхід якого підключений до нейтрального проводу й фази електрообладнання на вході силового блоку, вимірний орган, що включає в себе генератори імпульсів і трансформатор струму, що є входом багатоканального компаратора, виконаного на операційних підсилювачах, неінвертувальний вхід одного з яких та інвертувальний вхід решти під'єднані до дільника опорної напруги, а інший вхід кожного операційного підсилювача - до виходу трансформатора струму, вихід кожного генератора імпульсів з'єднаний з ланцюгом керування свого симістора, причому кількість операційних підсилювачів, генераторів імпульсів і каналів компаратора дорівнює числу апаратів захисту в силовому блоці [Патент РФ №2120166. Устройство защиты электрооборудования /В.Н. Терешин, А.Ф. Белоусов, К.К. Намитков, В.Г. Брезинский, Ю.А. Фролов, В.А. Чернов, С.П. Обидин/ МПК6Н02Н 3/08, 1998].

Недоліком такого пристрою захисту є те, що при комутації, наприклад ламп розжарювання в освітлювальній установці виникають "кидки" стру-

му, що досягають $5 \div 20I_p$ залежно від потужності лампи й фази напруги при комутації. Це веде до старіння ізоляції електропроводки і є причиною зниження терміну служби електрообладнання, що у свою чергу може привести до виникнення пожежонебезпечної ситуації. Крім того, при комутації ламп розжарювання за певних умов у лампі виникають дугові розряди між електродами. В одному випадку дуговий розряд може викликати вибух колби, в іншому - проплавлення її частками нікелю, що утворюються в результаті розплавлення дугою електродів. В обох випадках аварійний режим супроводжується утворенням і викидом джерел запалювання (частки нікелю, розпеченої вольфрамової спіралі й конструкційних елементів, нагрітих до високих температур). Найбільш пожежонебезпечні частки нікелю.

Крім того, необхідно відзначити, що на потреби освітлення в нашій країні витрачається до 20% від всієї вироблюваної електроенергії, у той час як у західних країнах на це витрачається 7% електроенергії, хоча рівень загальної освітленості там вище.

В основу винаходу поставлене завдання створення пристрою захисту, який містить силовий блок і блок керування, у якому завдяки введенню додаткового органа-фіксатора нуля напруги, ввімкнення навантаження здійснюється тільки в момент переходу напруги через нуль, що дозволяє значно знизити пускові струми й тим самим знизити можливість виникнення пожежонебезпечної ситуації, підвищити термін служби захисного обладнання, і зменшити обсяг електроенергії, затрачуваної на потреби освітлення.

Поставлене завдання вирішується наступним чином.

Пристрій захисту електрообладнання містить блок керування й силовий блок, що представляє собою паралельне з'єднання віток, кожна з яких складається з послідовно з'єднаних апаратів захисту й симістора, причому кожен апарат захисту відповідає умові $I_n \geq K_1 I_p$, де I_n - номінальний струм апарата захисту, I_p - розрахунковий струм електрообладнання, $K_1 = 1,05 \div 2,0$ - коефіцієнт запасу, крім того співвідношення номінальних струмів апаратів захисту кратне K_2 , тобто $I_{2n} = I_{1n}/K_2$, $I_{3n} = I_{2n}/K_2$ і т.д., де $K_2 = 2 \div 7$ - коефіцієнт пропорційності, I_{1n} , I_{2n} , I_{3n} і т.д. - номінальний струм апарата захисту відповідно до першої, другої, третьої й n-ї віток. Блок керування містить джерело живлення, вхід якого підключений до нейтрального проводу й фази електрообладнання на вході силового блоку, вимірний орган, що включає в себе генератори імпульсів і трансформатор струму, що є входом багатоканального компаратора, виконаного на операційних підсилювачах, неінвертувальний вхід одного з яких та інвертувальний вхід решти під'єднані до дільника опорної напруги, а інший вхід кожного операційного підсилювача - до виходу трансформатора струму, вихід кожного генератора імпульсів з'єднаний з ланцюгом керування свого симістора, причому кількість операційних підсилювачів, генераторів імпульсів і каналів компаратора дорівнює числу апаратів захисту в силовому блоці.

Відповідно до винаходу блок керування додатково забезпечен фіксатором нуля напруги, який складається з компаратора й транзисторного ключа, і органом часового збігу, який складається з логічних елементів типу "И" по одному на кожен канал компаратора вимірювального органа, причому один вхід кожного логічного елемента з'єднаний з виходом транзисторного ключа, інший вхід цих елементів з'єднаний з виходами компаратора вимірювального органа, а вихід кожного логічного елемента з'єднаний із входами генераторів імпульсів. Фіксатор нуля напруги містить компаратор на операційному підсилювачі й транзисторний ключ, вхід якого з'єднаний з виходом операційного підсилювача, а вихід операційного підсилювача з'єднаний з виходом випрямляча, вхід якого з'єднаний з однієї із вторинних обмоток трансформатора напруги джерела живлення.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю істотних ознак винаходу й досягненням технічного результату полягає в наступному.

Відомо, наприклад, що при включенні лампи розжарювання (ЛР) залежність $t(\tau)$, де t - температура нитки розжарювання, (τ - час, який описується вираженням

$$t + 0,5\alpha t^2 = 0,5A \left\{ \tau - \frac{T}{4\pi} \left[\sin\left(\frac{4\pi\tau}{T} + 2\psi_u\right) - \sin 2\psi_u \right] \right\}, \quad (1)$$

де ψ_u - початкова фаза напруги при включенні ЛР;

$$A = \frac{2U^2}{c\gamma l^2 \rho_0};$$

U - діюче значення напруги мережі живлення

α - температурний коефіцієнт матеріалу нитки розжарювання ЛР;

T - період прикладеної напруги;

γ - щільність матеріалу нитки розжарення ЛР;

l - довжина нитки розжарення;

ρ_0 - питомий електричний опір матеріалу нитки розжарення ЛР при кімнатній температурі;

c - питома теплоємність матеріалу нитки розжарення.

З (1) видно, що початковий "кидок" струму залежить від фази напруги ψ_u .

Найбільший "кидок" струму буде при $\psi_u = \frac{\pi}{2}$,

при цьому $I_M = \frac{U_M S}{\rho_0 l}$, де S - площа поперечного

перерізу проводу нитки розжарення ЛР, U_M - амплітудне значення напруги. У порівнянні зі сталою

амплітудою струму $I_M^{(y)} = \frac{U_M S}{\rho_0 l}$ величина "кидка"

струму становить ρ_k/ρ_0 (ρ_k - питомий електричний опір матеріалу нитки розжарення при сталій температурі нитки розжарення ЛР). Наприклад, для ЛР потужністю 150Вт $\rho_k/\rho_0=15$. Якщо $\psi_u \neq 90^\circ$, то "кидок" струму буде менше зазначеного граничного. Наприклад, при $\psi_u=0$ "кидок" струму відсутній. Струм у цьому випадку спадає до сталої значення по синусоїді із частотою прикладеної напруги.

Постійна часу перехідного процесу визначається тепловою інерцією нитки розжарення.

Тому додаткове введення в блок керування пристрою захисту електрообладнання фіксатора нуля напруги й органа часового збігу дозволить включати в мережу ЛР у момент переходу напруги через нуль, тобто при $\psi_u=0$, що практично усуває "кидки" струму при комутації ЛР. Це веде до збільшення терміну служби ЛР і процесу старіння ізоляції освітлювальних проводів, що, у свою чергу, приводить до зниження можливості виникнення пожежонебезпечної ситуації, тобто підвищується надійність захисту освітлювальних установок із ЛР, а разом з тим і взагалі електрообладнання змінної потужності.

На Фіг.1 як приклад представлена функціональна схема пристрою захисту із триступінчастою автоматично регульованою уставкою струму спрацьовування для освітлювальної установки (надалі тексті ОУ) із ЛР.

На Фіг.2 наведена принципова схема силового блоку.

На Фіг.3 принципова схема триканального компаратора.

На Фіг.4 наведена принципова схема фіксатора нуля напруги.

На Фіг.5 наведені епюри напруг на вході "~8" фіксатора нуля напруги (фіг.5,а), вході "е" (Фіг.5,б) і виході "0" (Фіг.5,в) транзисторного ключа фіксатора нуля напруги.

На Фіг.6 наведена принципова схема органа часового збігу.

На Фіг.7 принципова схема джерела живлення.

Пристрій захисту містить силовий блок 1, включений у фазовий провід "Ф" захисного електрообладнання (освітлювальної установки) 2 і блок керування 3, що включає в себе джерело живлення 4. Вхід джерела живлення 4 з'єднаний з нейтральним "0" і фазним "Ф" проводами на вході силового блоку 1. Крім того, блок керування 3 містить вимірювальний орган 5, що складається з генераторів імпульсів 6,7,8 (по числу уставок струму спрацьовування пристрою захисту), триканального компаратора 9, фіксатора нуля напруги 10 й органа часового збігу 11. Входом компаратора 9 є трансформатор струму ТТ1, первинна обмотка якого включена у фазовий провід "Ф" освітлювальної установки 2. Вихід трансформатора струму ТТ1 з'єднаний із входом операційних підсилювачів 12,13,14 (вхід "К" операційних підсилювачів 13 й 14, і вхід "И" підсилювача 12). Вхід, що залишився, операційних підсилювачів (вхід "И" підсилювачів 13 й 14, і вхід "К" підсилювача 12) з'єднаний з дільником опорної напруги 15. Вихід "е" кожного операційного підсилювача 12,13,14 з'єднаний з виходом органа часового збігу 11. Орган часового збігу 11 містить логічні елементи типу "И". Один із двох ввідних виводів кожного логічного елемента з'єднані в загальну точку "0", що з'єднана з виходом фіксатора нуля напруги 10. Ввідні виводи, що залишилися, логічних елементів є входом органа часового збігу 11. Вихід логічних елементів органа часового збігу з'єднаний із входом свого генератора імпульсів, відповідно 6,7,8. Вихід

кожного генератора імпульсів 6,7,8 (відповідно а, б, с) з'єднаний з ланцюгом керування відповідного симістора S1÷S3 силового блока 1. Силовий ланцюг кожного із симісторів S1÷S3 з'єднаний послідовно зі своїм автоматичним вимикачем, відповідно А1, А2, А3. Контакти К1, К2, К3 автоматичних вимикачів А1, А2, А3 у випадку аварійних ситуацій розривають ланцюг навантаження 2. К4÷К7 - вимикачі, що не володіють функціями захисту, якими вручну змінюють потужність навантаження захисного електрообладнання 2. Фіксатор нуля напруги 10 містить компаратор 16 на операційному підсилювачі 7, вихід якого з'єднаний із входом транзисторного ключа 17, а його вхід з'єднаний з виходом мостікового випрямляча 18. Вхід мостікового випрямляча з'єднаний з однієї із вторинних обмоток трансформатора напруги блоку живлення 4 через опір R1. Вихід мостікового випрямляча 18 з'єднаний також через опори R2 й R3 з виводами "+12" й "-12"В джерела живлення 4.

Пристрій захисту електрообладнання працює таким чином.

У вихідному положенні автоматичні вимикачі А1, А2, А3 зведені, тобто їхні контакти К1, К2, К3 замкнуті. Однак струм у силовому ланцюзі з'явиться тільки тоді, коли будуть виконані наступні дві умови: 1) буде включений хоча б один з вимикачів К4, К5, К6, К7, які не мають функції захисту; 2) напруга на одній із вторинних обмоток трансформатора напруги джерела живлення 4 "-8"В буде відповідати умові $|u_{вх}| \geq U_{оп}$. Тільки при спільному виконанні цих двох умов у силовому ланцюзі з'явиться струм.

Дійсно при відсутності вхідного сигналу напруга на вході операційного підсилювача 16 фіксатора нуля напруги 10 визначається спаданням напруги на діодах VD3 й VD4 й, отже, напруга на виході "е" операційного підсилювача 16 буде максимально можливим і рівним приблизно "-12"В (Фіг.5, а та б). При позитивному значенні вхідної напруги $u_{вх}$ "-8" (Фіг.5, а), при виконанні умови $u_{вх} < U_{оп} = ER_1/R_3$, напруга на виході "е" операційного підсилювача 16 залишається без зміни рівним приблизно "-12"В. Якщо ж позитивне значення вхідної напруги $u_{вх}$ "-8" досягає значення $u_{вх} = U_{оп} = ER_1/R_3$, то струм від джерела вхідного сигналу проходить через діод VD2, компенсуючи струм зсуву, що проходить від джерела "-12" через резистор R3. При цьому напруга на виході операційного підсилювача 16 міняє свій знак й операційний підсилювач 16 переходить в інший стан, характеризується максимально можливою позитивною напругою на його виході "+12"В. При спаданні позитивної вхідної напруги до значення $u_{вх} = U_{оп}$, напруга на виході операційного підсилювача 16 знову міняє свій знак і стає рівною максимально можливою негативною "-12"В. Це значення напруги на виході "е" операційного підсилювача буде до тих пор, поки вхідна напруга $u_{вх}$ "-8" не спаде до нуля й не почне зростати за модулем у зворотному напрямку. При негативній напрузі "-8" на вході операційного підсилювача 16 і виконанні умови $|u_{вх}| = U_{оп}$, струм від джерела вхідного сигналу протікає через діод VD1 і компенсує струм зсуву, що проходить від джерела "+12" через R2. При цьому операційний підсилювач 16

також переходить у стан, коли напруга на його виході "е" дорівнює максимально можливій напрузі "+12"В. І це значення напруги на виході "е" операційного підсилювача 16 буде доти, поки напруга на вході "-8" за абсолютним значенням не впаде до $|u_{вх}| = U_{оп}$. У цей момент напруга на виході "е" операційного підсилювача знову міняє свій знак і стає рівною "-12"В.

Таким чином, напруга на виході операційного підсилювача 16 являє собою сполучення позитивних і негативних імпульсів, причому тривалість позитивних імпульсів залежить від амплітуди вхідної напруги. Чим більше $U_{вхм}$, тим більше тривалість позитивних імпульсів (Фіг.5).

Тривалість позитивних імпульсів визначається з умови

$$t_u = \frac{1}{\omega} \left[T - 2 \arcsin \frac{U_{оп}}{U_{вхм}} \right].$$

Тривалість паузи визначається

$$t_n = \frac{2}{\omega} \arcsin \left(\frac{U_{оп}}{U_{вхм}} \right),$$

де ω - кругова частота живильної мережі,
 $U_{вх-м}$ - амплітуда вхідного сигналу "-8",
 $U_{оп} \approx 0,6$ В - напруга на відкритому діоді,
 $T = 0,02$ с. - період напруги живильної мережі.

Вихід операційного підсилювача 16 є входом транзисторного ключа 17. Зміна сигналу на його виході також представляє сполучення прямокутних позитивних імпульсів, показаних на Фіг.5,в.

Таким чином, при наростанні за абсолютним значенням напруги на вході фіксатора нуля напруги $u_{вх}$ "-8" і досягненню їм значення $|u_{вх}| = U_{оп}$ транзисторний ключ 17 відкривається й через орган часового збігу 11 і відповідний генератор імпульсів 6, 7 або 8 відкриває один із симісторів S1÷S3, що буде в такому стані доти, поки ця напруга $u_{вх}$ при її спаданні за абсолютним значенням знову не досягне значення $|u_{вх}| = U_{оп}$. У цей момент часу симістор S1÷S3 закривається й буде в такому стані доти, поки напруга на вході "-8" знову не почне зростати за абсолютним значенням. При досягненні її значення $|u_{вх}| = U_{оп}$ один із симісторів S1÷S3 відкривається й буде відкритий доти, поки це при її спаданні знову не досягне значення $|u_{вх}| = U_{оп}$. Надалі описаний процес знову повторюється двічі за період. Блок часового збігу забезпечує протікання описаного процесу тільки при включенні хоча б одного з вимикачів К4÷К7, що не володіють функціями захисту.

Отже тільки один із симісторів S1÷S3 силового блоку 1 буде відкритим двічі за період T з тривалістю одного імпульсу t_n й тривалістю паузи t_u між імпульсами. Тобто струм у силовому ланцюзі носить імпульсний характер. Для $u_{вх} = \sqrt{2} \cdot 8 \sin 314t$ В, $t_n = 9,8$ мс, а $t_u = 0,2$ мс. Для такого електрообладнання як ОУ із ЛР такі короточасні зникнення струму не позначаються на якості освітлення. Дійсно тривалість перехідного процесу при комутації ЛР потужністю від 150Вт до 500Вт коливається в межах $(3,6 \div 9)T$ та перерви струму в часі на 0,2 мс за півперіоду не будуть впливати на температуру нитки розжарення, тому що діюче значення струму

І у силовому ланцюзі в цьому випадку залишається без зміни. Однак це дозволить зменшити споживану потужність освітлювальної установки на 1%. Якщо врахувати, що на потреби освітлення витрачається в нашій країні до 20% від всієї виробленої електроенергії, то економія складе значний обсяг.

У такий спосіб при включенні хоча б одного з вимикачів K4÷K7 при виконанні умови $|u_{вх}| \geq U_{оп}$ для фіксатора нуля напруги, у силовому ланцюзі з'явиться струм І, тому що симістор S1 відкритий. Цей струм І протікає через автоматичний вимикач A1 і трансформатор струму ТТ1, з виходу якого сигнал подається на компаратор 9 вимірювального органа 5 блоку керування 3. Залежно від величини струму І у силовому ланцюзі через відповідний генератор імпульсів 7 й 8 і відповідний логічний елемент И2 або И3 органа часового збігу відкривається той симістор S2 або S3, номінальний струм автоматичного вимикача якого A2 або A3 ближче всього до струму захисного електрообладнання у цей момент часу.

У випадку зміни фактичного струму І захисного електрообладнання 2 за допомогою вимикачів K4÷K7 блок керування 3 автоматично здійснює перемикання паралельних віток силового блоку 1 за допомогою відкриття одного з відповідних симісторів S1÷S3 та закриття двох інших. Комутація симісторів здійснюється завжди тільки у момент, коли початкова фаза напруги мережі живлення проходить через нуль. Це дозволяє усунути технологічні "кидки" струму при комутації навантаження, що, у свою чергу, дозволяє підвищити надійність захисту. Завжди відкритий тільки один із симісторів S1÷S3. Таким чином, у будь-який момент часу включена тільки одна із трьох паралельних віток силового блоку 1.

У випадку виникнення струму перевантаження через певний час спрацює відповідний автоматичний вимикач і його контакти K1 або K2, або K3 відключають електрообладнання 2. Для повторного включення електрообладнання 2 необхідно ввести рукояткою у включене положення відповідний автоматичний вимикач. У випадку відключення всіх вимикачів K4÷K7, струм у силовому ланцюзі зникне й симістори S2 і S3 закриваються. Послідовність включення того або іншого автоматичного вимикача A1÷A3 залежно від величини фактичного струму І силового ланцюга здійснюється за рахунок дільника 13 опорної напруги. Перемикання силового ланцюга з одного автоматичного вимикача на інший здійснюється при співвідношенні їхніх номінальних струмів в інтервалі від 2 до 7. У цьому інтервалі може бути встановлене будь-яке співвідношення.

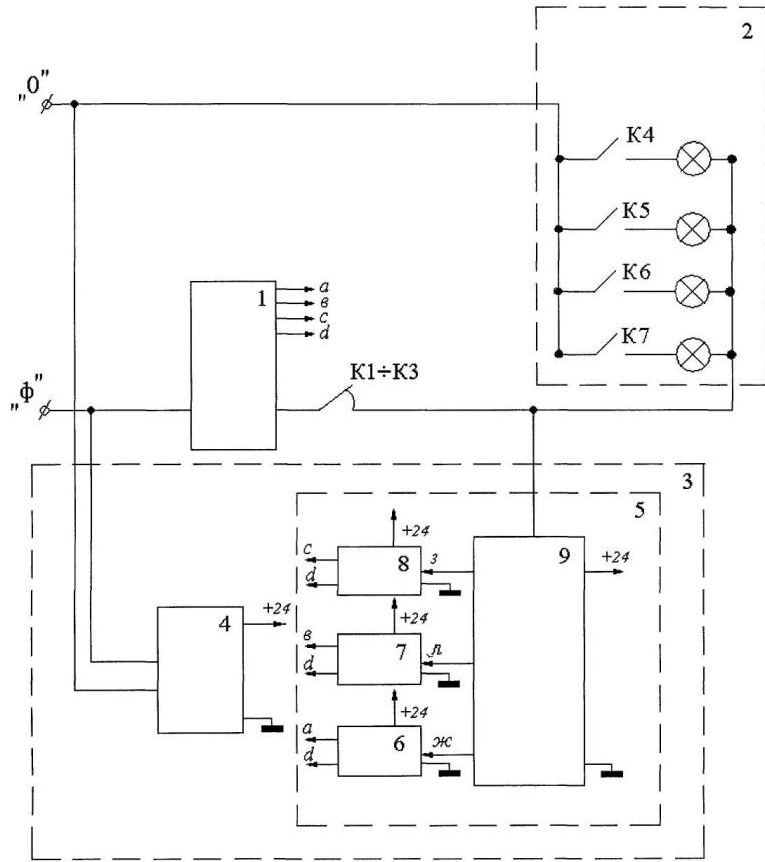
Співвідношення номінальних струмів автоматичних вимикачів рівне двом відповідає практично нижній границі, а - рівне 7 - практично верхній границі струмів перевантаження. Конкретне співвідношення визначається видом захисного обладнання, виконуваними їм функціями й умовами його експлуатації. Перед включенням електрообладнання 2 вимикачами K4÷K7 завжди відкритий симістор S1 і тільки при проходженні напруги живильної

мережі через нуль. Тобто завжди струм починає протікати через автоматичний вимикач A1, що має найбільше значення номінального струму $I_{1н} > I_{2н} > I_{3н}$.

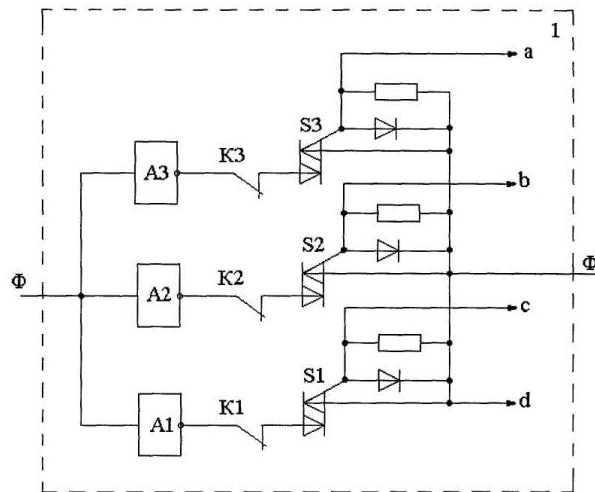
При струмі освітлювальної установки 2 $I_{3н} < I \leq I_{2н}$, закривається симістор S1, але відкривається симістор S2, тобто електричний струм електрообладнання 2 починає протікати через автоматичний вимикач A2. У цьому випадку захист здійснює автоматичний вимикач A2. При струмі в силовому ланцюзі $I \leq I_{3н}$, відкривається симістор S3, але одночасно закривається симістор S2. Тепер захист здійснює вже автоматичний вимикач A3. При включенні всіх вимикачів K4÷K7 струм І у силовому ланцюзі буде максимальним, тобто $I > I_{1н}$. У цьому випадку симістор S3 закривається, але одночасно відкривається симістор S1 і струм у силовому ланцюзі буде вже протікати через автоматичний вимикач A1. Захист обладнання 2 у цьому випадку від струмів перевантаження й струмів короткого замикання здійснює автоматичний вимикач A1 і т.д. Необхідно відзначити, що всі комутації з одного автоматичного вимикача на інший здійснюються тільки в момент переходу напруги живильної мережі через нуль.

Спостереження за величиною струму електрообладнання 2 й автоматичне перемикання симісторів S1÷S3 здійснює блок керування 3 за рахунок вимірювального органа 5, що містить фіксатор нуля напруги, орган часового збігу, багатоканальний компаратор 9 на операційних підсилювачах 12÷14 і генератори імпульсів 6÷8 (по числу уставок струму спрацьовування пристрою захисту, тобто по числу автоматичних вимикачів у силовому блоці 1). Входом компаратора 9 є вторинна обмотка трансформатора струму ТТ1, первинна обмотка якого включена у фазовий провід "Ф" освітлювальної установки 2. Напруга із вторинної обмотки ТТ1 через випрямляч подається на вхід операційних підсилювачів 12÷14 компаратора 9 (на вхід "К" операційних підсилювачів 13 й 14 і на вхід "И" підсилювача 12). На вхід, що залишився, операційних підсилювачів 12÷14 подається опорна напруга з дільника опорної напруги 15. Компаратор 9 порівнює ці напруги й за рахунок цього здійснюється комутація симісторів S1÷S3 залежно від величини струму І у силовому ланцюзі. Комутація симісторів S1÷S3 здійснюється через генератори імпульсів 12÷14 з урахуванням впливу фіксатора нуля напруги й органа часового збігу.

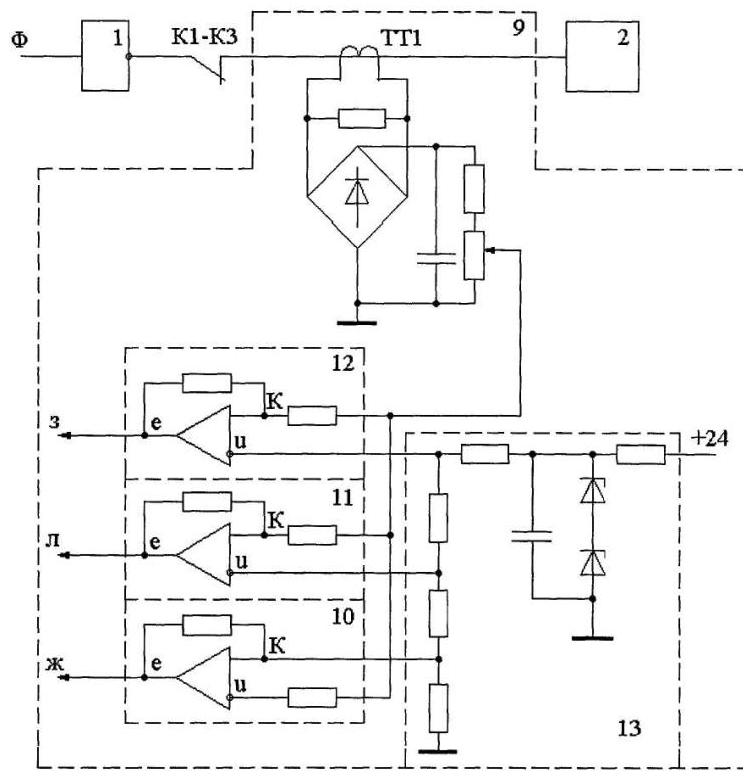
Таким чином, запропонований пристрій захисту електрообладнання дозволить підвищити надійність його захисту, за рахунок усунення технологічних "кидків" струму при його комутації й зменшити втрати електроенергії при його експлуатації.



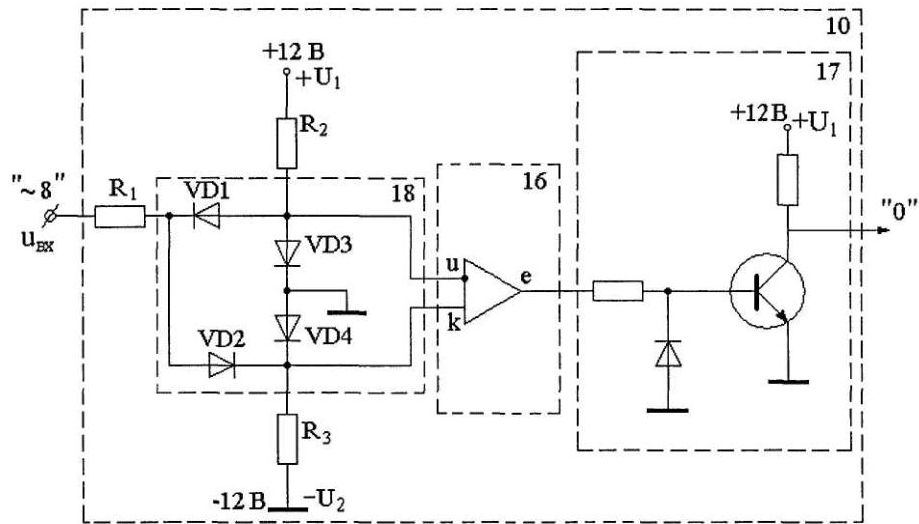
Фиг.1



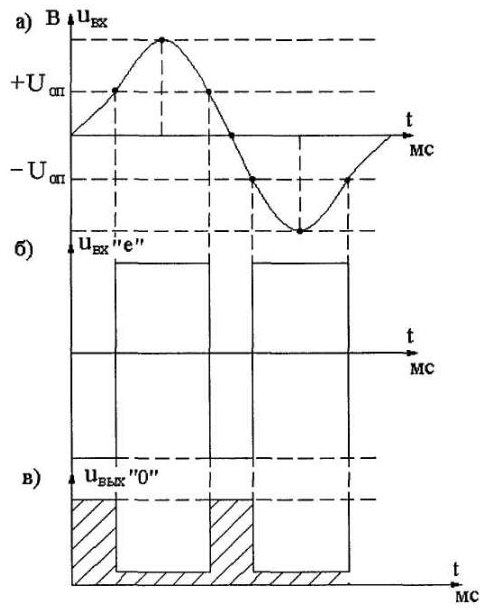
Фиг.2



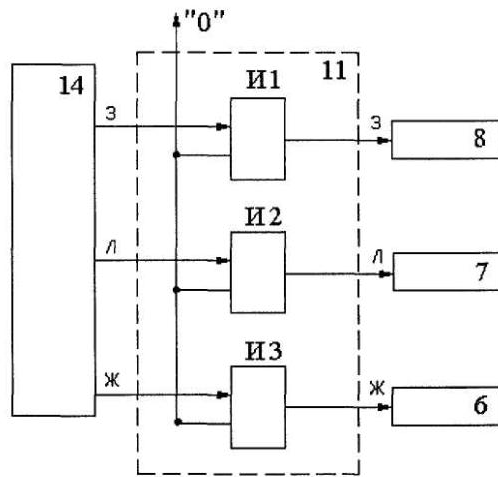
Фиг.3



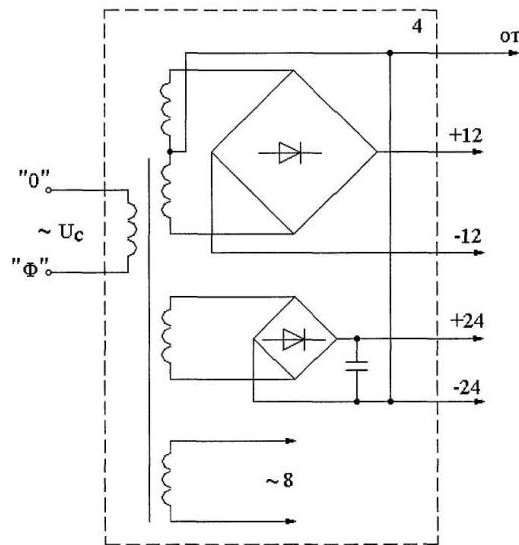
Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6



Фиг.7

