



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

212274

(11) (B2)

(51) Int. Cl.³

H 02 H 7/04

(22) Přihlášeno 24 05 78

(21) (PV 3385-78)

(32)(31)(33) Právo přednosti od 24 05 77
(P 1293/77) Jugoslávie

(40) Zveřejněno 31 07 81

(45) Vydáno 15 11 84

(72) Autor vynálezu FOKTER KARL, MARIBOR (Jugoslávie)

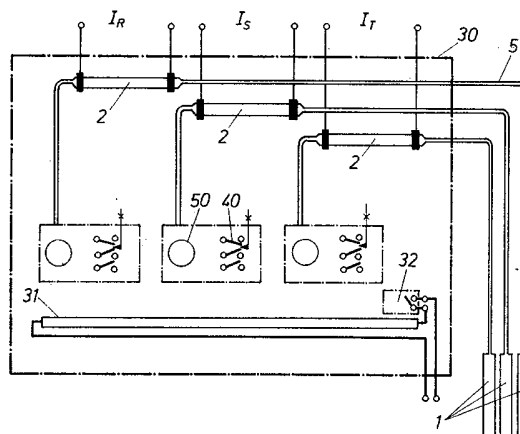
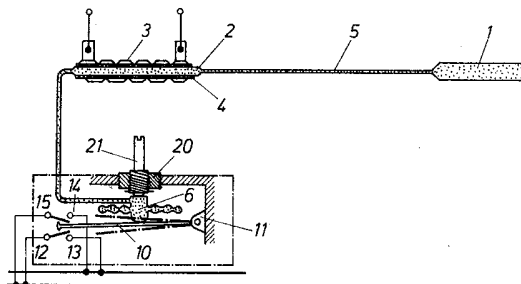
(73) Majitel patentu TSN TOVARNA STIKALNIH NAPRAV - MARIBOR z n. sol. o., MARIBOR
(Jugoslávie)

(54) Zařízení pro ochranu transformátoru s hydraulickým simulátorem
tepelného chování

Předmětem vynálezu je zařízení pro ochranu transformátoru s hydraulickým simulátorem tepelného chování.

Problém, který má být vynálezem řešen spočívá v tom, vytvořit takové zařízení, které by chránilo transformátor jak v závislosti na jeho proudovém zatížení, tak i v závislosti na teplotě okolí.

Tento problém se podle vynálezu řeší tím, že nejméně jeden snímač, který je v tepelném styku s olejem transformátoru, je prostřednictvím kapiláry spojen s druhým snímačem, který je obklopen odporem a tyto snímače jsou spojeny s membránou, která je spojena s elektrickým spínacím ústrojem.



Vynález se týká zařízení pro ochranu transformátoru s hydraulickým simulátorem tepelného chování.

Při ochraně transformátoru, zejména transformátorů napájejících soustavy nízkého napětí, se dosud k ochraně proti příliš vysokým teplotám vinutí používá takových ochranných prvků, které reagují na příliš vysoký proud nezávisle na předchozím zatížení transformátoru nebo jeho absolutní teplotě. Představiteli tohoto způsobu ochrany jsou primární nebo sekundární relé nebo ochrany, které v různých ochranných zapojeních ovládají vysokonapěťové nebo nízkonapěťové spínače.

Jsou známa taková provedení relé pro ochranu transformátorů před příliš vysokými teplotami izolace vinutí, která napodobují ohřátí transformátoru v nádobě, oddělené od transformátoru a naplněné olejem, s podobnou časovou konstantou, a obsahují vestavěné elektrické topné tělísko. Toto topné tělísko ohřívá v závislosti na zatížení transformátoru různé intenzívně olej a spínací mechanismus citlivý na teplotu, který je ponořený do oleje. Tento spínací mechanismus způsobí při určitých mezních teplotách odpojení transformátoru. Nevýhodná vlastnost tohoto druhu relé spočívá v tom, že každé takovéto relé se musí dokonale tepelně přizpůsobit jednotlivému provedení transformátoru.

Jsou známa také taková provedení, u kterých je již v samotném transformátoru vestavěn proudový transformátor, na který je napojeno elektrické topné tělísko, které nepřímo, také v závislosti na teplotě oleje transformátoru, ohřívá spínací mechanismus citlivý na teplotu, který je zapojen v chráněném transformátoru, respektive, který je zabudován v chráněném transformátoru a který v mezních teplotách transformátor odpojí.

Používají se také relé takového druhu, u kterého elektrické topné tělísko, které je prostřednictvím proudového transformátoru zapojeno v jedné proudové větvi transformátoru, ohřívá menší kovové tělísko. Toto kovové tělísko je prostřednictvím můstku napojeno na větší kovové tělísko určitého tvaru a určitých teplotních vlastností, přičemž jeho roztažení, které závisí od ohřátí obou tělísek, uvede v činnost spínací mechanismus, který je upevněn na krytu zhotoveného z materiálu s nižším koeficientem teplotní roztažnosti.

V poslední době se používají pro ochranu transformátorů před přetížením elektronická relé nejrozumnějšího druhu se zpětnou vazbou nebo bez zpětné vazby. U těchto provedení mohou se nastavit pracovní charakteristiky ručně takovým způsobem, že se blíží pracovním charakteristikám transformátorů, které se mají chránit.

Tyto druhy ochrany pracují správně jen tehdy, jestliže transformátor pracuje při teplotě prostředí, pro kterou je konstruován. Tato činí podle IEC předpisů $+40^{\circ}\text{C}$. Při vyšších teplotách prostředí jsou transformátory nebo některé jejich kritické části, jako například vinutí, přetíženy. Při nižších teplotách prostředí, což je případ, který se v provozu transformátoru vyskytuje nejčastěji, nedovoluje tato ochrana využít plný výkon transformátoru, který je k dispozici.

Problém, který má být vynálezem řešen spočívá v tom, vytvořit takové zařízení, pro ochranu transformátoru, které by chránilo transformátor jak v závislosti na jeho proudovém zatížení, tak i v závislosti na teplotě okolí, to znamená, že při nízkých teplotách okolí bude dovolovat vyšší zatížení transformátoru a obráceně.

Tento úkol se podle vynálezu řeší tím, že nejméně jeden snímač, který je v tepelném styku s olejem transformátoru, je prostřednictvím kapiláry spojen s druhým snímačem, který je obklopen odporem, a snímače jsou spojeny s membránou, která je spojena s elektrickým spínacím ústrojím.

Rozvinutí vynálezu spočívá v tom, že druhé snímače a odpory nebo také membrána společně s regulátorem teploty a topným tělesem jsou umístěny v krytu.

Dalším význakem vynálezu je, že poloha membrány, která dosedá na páku pohyblivých kontaktů spínacího ústrojí, je nastavitelná pomocí vřetena.

V zařízení pro ochranu transformátoru podle vynálezu se pomocí hydraulického simulátoru modeluje tepelné chování transformátoru v závislosti na zatížení a chlazení, což umožňuje podstatně lepší využití instalovaného výkonu transformátoru.

Transformátorová ochrana s hydraulickým simulátorem tepelného chování chrání izolaci primárního a sekundárního vinutí před teplotami, které jsou vyšší než přípustné. Tyto teploty jsou určeny jakostí izolace. Pro izolovaný vodič skupiny A se například připouští teplota 105 °C.

Teplota izolace závisí na kvalitě vodiče, na jeho ohmickém odporu, na intenzitě proudu protékajícího vinutím, na konstrukci vinutí a na chlazení vinutí. Tyto parametry jsou již při výrobě transformátorů voleny tak, že mezi oteplováním a chlazením jsou optimální poměry, což musí být také prokázáno vysvědčením. Pro dobré transformátory přitom platí podmínka, že teplota izolace závisí na intenzitě proudu, teplotě chladicího média a na době provozu.

Měření teplot izolace je v důsledku různých napěťových potenciálů jen obtížně proveditelné, a v důsledku toho také velmi drahé. Je proto třeba nalézt vyhovující a ekonomicky výhodnou konstrukci transformátorové ochrany, která by v závislosti na intenzitě proudu, teplotě chladicího média a době provozu věrně modelovala tepelné chování transformátoru.

Tento úkol je podle vynálezu řešen pomocí hydraulického simulátoru tepelného chování, který pracuje na principu rozpínání tekutiny při ohřátí. Hydraulická soustava simulátoru sestává ze snímačů, kapilárních trubic a membrány. Při oteplení snímače tlačí přebytečná část rozepnuté hydraulické tekutiny prostřednictvím kapiláry na membránu, kde vyvolá pracovní zdvih. Tento pracovní zdvih je úměrný součtu objemů tekutiny, které jsou v důsledku teploty vytlačeny ze snímačů, a působí na spínací soustavu tak, že dojde k sepnutí na rozepnutí určitých kontaktů. Pro zobrazení tepelného zatížení transformátoru je třeba nejméně dvou snímačů. První z těchto snímačů je v tepelném styku s chladicím médiem transformátoru, to je s olejem nebo chladicím vzduchem, druhý snímač je ohříván proudem, jehož intenzita závisí na intenzitě proudu tekoucího transformátorem. Objemy tekutin v jednotlivých snímačích mohou být stejné jako jejich teploty, popřípadě jejich teploty, přizpůsobeny jednotlivým provedením transformátorů a jejich třídám.

Objem tekutiny snímače, který je ohříván proudem protékajícím transformátorem, musí být spolu s vytápěním a chlazením volen tak, aby se dosáhlo pokud možno přesného simulování průběhu ohřevu a chlazení vinutí transformátoru. Protože chlazení snímače, který je ohříván proudem protékajícím transformátorem, závisí také na teplotě jeho chladicího média, je třeba tento snímač zabudovat do místa, které je pro chlazení transformátoru charakteristické. Jiná možnost je zabudovat tento snímač do prostředí s konstantní teplotou.

Objem tekutiny v kapilární trubici a před membránou je ve srovnání s objemem ve snímačích velmi malý. V zájmu zdokonalení činnosti simulátoru je však přesto výhodné, jestliže jsou i tyto součásti umístěny v prostředí s konstantní teplotou.

Pro nastavení hodnot, při kterých zdvih membrány uvádí v činnost elektrické kontakty spínacího ústrojí a pro nastavení simulátoru může být použito stavěcího šroubu uloženého v nastavitelném pouzdru, výstředníku nebo podobných známých řešení. Pomocí těchto nastavovacích prvků je možno simulátor tepelného přetížení provést tak, že je v určitém rozsahu až do nejvyššího přípustného zatížení nastavitelný. Nastavení simulátoru může být také pevné a simulátor zaplombován.

Jednofázové transformátory jsou chráněny jednou soustavou hydraulického simulátoru, u trojfázových transformátorů však lze použít ochrany s třemi paralelně pracujícími sousta-

vami, které jsou zapojeny v jednotlivých fázích, nebo s jednou hydraulickou soustavou, jejíž snímač je ohříván proudem všech tří fází, nebo také s jednou soustavou, která je zapojena do nejvíce zatížené fáze transformátoru. Druh ochrany se volí v závislosti na způsobu zatížení transformátoru, jeho provedení a podle požadavků kladených na ochranu.

Soustava kontaktů, na kterou působí zdvih membrány, může mít různé provedení volené podle daného zapojení zařízení pro ochranu transformátoru. Je však možno použít také vícepólové soustavy kontaktů, které v závislosti na okamžitém zdvihu membrány jednotlivé kontakty spíná nebo rozepíná postupně, což umožňuje hlášení jednotlivých stupňů zatížení transformátoru nebo stupňovité odlehčení transformátoru odpínáním jednotlivých spotřebičů.

Transformátorovou ochranu je možno provést také tak, aby byla chráněna před prasknutím kapilární trubice nebo netěsnostmi v hydraulické soustavě. Tato ochrana pracuje tak, že membrána je pod určitým tlakem oleje i za nejnižších teplot snímače, které se v praxi mohou vyskytovat. V případě, že tento tlak zanikne, dojde k sepnutí určitých kontaktů.

Podstata vynálezu bude v dalším textu objasněna na příkladu provedení, který je popsán pomocí výkresu, kde na obr. 1 je znázorněno zařízení pro ochranu transformátoru s hydraulickým simulátorem tepelného chování jednopólového transformátoru s dvěma jednopólovými zapínacími kontakty s možností nastavení pracovního zdvihu zařízení, které je chráněno před netěsnostmi v hydraulické soustavě, a na obr. 2 je znázorněno zařízení pro ochranu třífázového transformátoru s rozdílným zatížením fází.

Na obr. 1 je znázorněno zařízení pro ochranu transformátoru se základní konstrukcí hydraulického simulátoru tepelného chování transformátoru, která sestává z hydraulické soustavy, soustavy kontaktů a prvků pro nastavení pracovního bodu. První snímač 1 teploty chladicího média transformátoru je kapilárou 2 propojen s druhým snímačem 2 teploty vinutí, který je nepřímo ohříván odporem 3, který je připojen k proudovému transformátoru zapojenému v primáru nebo sekundáru chráněného transformátoru.

Druhý snímač 2 je od odporu 3 oddělen izolátorem 4. Druhý snímač 2 je pomocí kapiláry připojen k prostoru membrány 6. Spínací ústrojí sestává z páky 10, která je upnuta v lůžku 11. Tato páka 10 působí v závislosti na zdvihu membrány 6 na pohyblivý kontakt 12, který se při nastaveném tepelném přetížení transformátoru mžikově dotkne pevného pracovního kontaktu 13 a vyvolá odpojení transformátoru. V případě netěsnosti v hydraulické soustavě dolehne pohyblivý kontakt 15 na pevný pracovní kontakt 14, který rovněž odpojí transformátor. Vřetenem 20 se ručně nastavuje velikost tepelného zatížení transformátoru. Maximální přípustná zatížení transformátoru je však nastaveno již výrobcem pomocí stavěcího šroubu 21.

Na obr. 2 je schematicky znázorněna konstrukce kompletního zařízení pro ochranu třífázového transformátoru před přetížením. Tato konstrukce obsahuje dále prvky, které zabránějí nepříznivému vlivu změn okolní teploty na přesnost činnosti ochrany.

Ve společném krytu 30 jsou uspořádány tři hydraulické simulátory tepelného chování transformátoru spolu s druhými snímači 2 teploty vinutí, které jsou v tomto případě přímo odporově ohřívány proudem I_R , I_S , I_T z proudových měničů zapojených v jednotlivých fázích.

Ve spodní části krytu 30 je umístěno elektrické topné těleso 31, které je přes regulátor 32 teploty připojeno na elektrické napětí a udržuje v krytu 30 určitou konstantní teplotu. Spínací ústrojí 40 jsou z důvodů přehlednosti znázorněna pouze schematicky. Každý hydraulický simulátor tepelného chování zapojený v jedné fázi transformátoru je opatřen dvěma klidovými a jedním pracovním kontaktem a lze jej pomocí stavěcího kotouče 50, ručně nastavit na různá zatížení transformátoru, která jsou samozřejmě nižší než maximálně přípustné zatížení.

Činnost hydraulického simulátoru tepelného chování transformátoru je následující:

Při odpojení chladném transformátoru jsou teploty vinutí a teplota chladicího média, například transformátorového oleje, rovny teplotě okolního prostředí. Stejnou teplotu má i hydraulická tekutina ve snímačích 1 a 2. Membrána 6 se nachází v poloze, která závisí na teplotě okolního prostředí. Při nižších teplotách se tato membrána 6 aploštuje, při vyšších teplotách se vydouvá. Při zatížení transformátoru protéká topným obvodem druhého snímače 2 proud, jehož intenzita závisí na proudu transformátoru a na převodním poměru proudového měniče.

Průchodem tohoto proudu se v odporu 3 uvolňuje tepelná energie, která celý druhý snímač 2 ohřeje na teplotu, při které se přívod tepla vyrovná odvodu tepla. Čím méně, resp. menší je celková hmota druhého snímače 2, tím budou změny teploty rychlejší.

Teplota tekutiny v druhém snímači 2 je tedy závislá na intenzitě proudu a na čase stejně, jako je na proudu a na čase závislá teplota vinutí. Změně teploty tekutiny ve snímači odpovídá také množství vytlačeného oleje, který prostřednictvím membrány 6 vyvolá pracovní zdvih. Aby membrána 6 dosáhla zdvihu, při kterém je prostřednictvím páky 10 uveden v činnost pohyblivý kontakt 12, je potřeba určitého množství oleje, které je součtem objemů vytlačené tekutiny z obou snímačů 1 a 2. Činnost elektrického kontaktu 12 tedy závisí na skutečné teplotě oleje v transformátoru, která je sledována prvním snímačem 1 a na teplotě vinutí, která je věrně simulována druhým snímačem 2.

Studený transformátor může být proto zatížen více než ohřátý transformátor a opačně.

Charakteristika hydraulického simulátoru tepelného chování transformátoru může být shodná se skutečným průběhem ohřevu transformátoru nebo se mu může pokud možno přibližovat. Aby se zabránilo chybám vznikajícím v důsledku rozdílného chlazení druhého snímače 2 a v důsledku různých teplot okolního prostředí v místě jeho zabudování, je účelné umístit tento druhý snímač 2 do krytu 30, ve kterém je pomocí topného tělesa 31 a regulátoru 32 teploty udržována konstantní teplota. Topné těleso 31 a regulátor 32 teploty je vhodné umístit do spodní části tohoto krytu 30 a druhé snímače 2 do horní části tohoto krytu 30, čímž se zabrání vzájemnému ovlivňování obou soustav konvekci. Vliv tepelného vyzařování lze eliminovat odstíněním. Stejným způsobem lze také vyloučit vzájemné ovlivňování jednotlivých druhých snímačů 2.

V případě třífázových transformátorů je účelné, nikoliv však nutné, použít tři oddělených hydraulických simulátorů tepelného chování transformátoru, které jsou v ochranné soustavě s pracovním proudem zapojeny paralelně a v soustavě s klidovým proudem zapojeny sériově, takže kterýkoliv z těchto simulátorů může vyvolat úplné odpojení transformátoru.

Aby byl transformátor chráněn také před příliš vysokým oteplením v důsledku vady nebo poškození transformátoru samotného, je vhodné do téhož krytu zabudovat ještě regulátor teploty nebo omezovací teplotní spínač se snímačem v oleji. Tento regulátor teploty pak při dosažení určité mezní teploty oleje uvede v činnost blokovací kontakt, který vyvolá odpojení transformátoru.

Je samozřejmé, že zařízením pro ochranu transformátoru s hydraulickým simulátorem tepelného chování může být sledována také teplota izolace v jiných elektrických strojích, například v motorech, generátorech, měničích a podobně; a v jiných zařízeních jako jsou například kondenzátory, tlumivky a všechna jiná zařízení, jejichž oteplení je omezeno; například kabely a vedení. Charakteristiky simulátoru tepelného chování však v těchto případech musí být přizpůsobeny jeho použití.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zařízení pro ochranu transformátoru s hydraulickým simulátorem tepelného chování, vyznačující se tím, že nejméně jeden snímač (1), který je v tepelném styku s olejem transformátoru, je prostřednictvím kapiláry (5) spojen s druhým snímačem (2), který je obklopen odporem (3) a tyto snímače (1, 2) jsou spojeny s membránou (6), která je spojena s elektrickým spínacím ústrojím (40).

2. Zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že druhé snímače (2) s odpory (3) nebo i s membránou (6) jsou společně s regulátorem (32) teploty a topným tělesem (31) umístěny v krytu (30).

3. Zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že poloha membrány (6), která dosedá na páku (10) pohyblivých kontaktů (12, 15) spínacího ústrojí (40), je nastavitelná pomocí vřetena (20).

1 list výkresů

