

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2014-250

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01R 31/08 (2006.01)

G01R 31/00 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLICA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **14.04.2014**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **10.06.2015**
(Věstník č. 23/2015)

(71) Přihlašovatel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:
Ing. David Topolánek, Ph.D., Brno, CZ
doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., Brno, CZ
doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D., Brno, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Tomáš Benda, Mendlovo nám. 1a, 603 00 Brno

změn zpětné složky napětí v jednotlivých měřicích uzlech (MU), vyčíslí celkové odchylky absolutních hodnot vypočtených změn zpětné složky napětí a zaznamenaných hodnot maximálních změn zpětné složky napětí pro jednotlivé uzly, vyčíslí pravděpodobnost výskytu zdroje nesymetrie v jednotlivých místech monitorované soustavy.

(54) Název přihlášky vynálezu:
Způsob určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch v elektrických sítích a monitorovací systém určený k provádění této metody

(57) Anotace:
Způsob určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch, kde se vytvoří zpětné schéma monitorované distribuční soustavy, na základě překročení meze změny zpětné složky proudu se vyhodnotí koordinační čas vzniku poruchy, pro daný koordinační čas vzniku poruchy se nashromáždí záznamy změny zpětné složky napětí zaznamenané na sekundárních stranách distribučních transformátorů (VN/NN) a záznamy zpětných složek proudů odebíraných z napájecích transformátorů (VVN/VN), ze záznamů se stanoví hodnoty maximální změny zpětné složky proudu a napětí odpovídající okamžiku, kdy je součet všech zaznamenaných změn zpětných složek napětí maximální, hodnoty maximální změny zpětných složek napětí se přepočtou na primární stranu příslušného distribučního transformátoru (VN/NN), z hodnot přepočtených maximálních změn zpětných složek napětí a maximálních změn zpětných složek proudu se vyčíslí jednotlivé odchylky absolutních hodnot vypočtených změn zpětné složky napětí a zaznamenaných hodnot maximálních

Způsob určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch v elektrických sítích a monitorovací systém určený k provádění této metody

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch v elektrických sítích a monitorovacího systému určeného k provádění této metody.

Dosavadní stav techniky

S ohledem na bezpečnost provozu a zkrácení doby nedodávky elektrické energie při jednopólové poruše jsou nevhodnějším a z tohoto důvodu také nejrozšířenějším typem distribučních sítí sítě kompenzované. Kompenzované soustavy kompenzují při jednopólové poruše, tj. zemním spojením, pomocí zhášecí tlumivky kapacitní proud soustavy, protékající místem poruchy. Úroveň poruchového proudu je pak velmi malá a nezávislá na místě vzniku zemního spojení, což značně komplikuje rychlé nalezení místa poruchy pro následné odstranění její příčiny a obnovení dodávky elektrické energie odběratelům.

Obecně lze říci, že rychlá a přesná lokalizace poruch v distribučních soustavách, ať jsou tyto soustavy provozovány jako izolované, kompenzované či uzemněné přes uzlový odpor, je velmi problematická. To je dáno především vysokou členitostí a komplikovaností těchto distribučních sítí vyplývajících z jejich účelu, který spočívá v rozvodu elektrické energie ke konečným odběratelům. Z tohoto důvodu jsou distribuční soustavy tvořeny velkým počtem vývodů a odboček, a to zejména v hustěji osídlených oblastech.

S ohledem na současný stav techniky lze rozlišit prostředky pro indikaci poruchou postiženého vývodu v napájecí rozvodně a prostředky schopné vymezit přímo místo poruchy uvnitř celé distribuční soustavy. Zatímco prostředky pro identifikaci postiženého vývodu jsou v současnosti poměrně spolehlivé, tak prostředky či metody pro nalezení konkrétního místa poruchy v rozsáhlých distribučních soustavách nemají dosud spolehlivé řešení a zhoršují tak ukazatele nepřetržitosti dodávky elektřiny. Popis současného stavu techniky bude proto zaměřen na prostředky či metody, které svým funkčním principem lze využít pro vyhledání konkrétního místa nejčastěji se vyskytující se jednopólové poruchy na postiženém vývodu nebo uvnitř monitorované části soustavy.

Jedním z nejdéle užívaných a neefektivnějších prostředků, které se dodnes využívají pro vymezení postiženého úseku vedení je odpínání jednotlivých úseků vedení postiženého vývodu. Principem je postupné odpínání jednotlivých úseků či odboček postiženého vývodu do doby, než dojde k vypnutí/odpojení poruchy. Tímto postupem lze vymezit oblast s poruchou, kam je posléze povolána technická obsluha. Nevýhodou tohoto řešení je však provozní i časová náročnost a nutnost i několikanásobného přerušování dodávky elektrické energie, přičemž takto vymezený postižený úsek dosahuje obvykle velkých délek, což vyžaduje další místní dohledání poruchy technickou obsluhou. Dále vlivem opakovaného spínání v postiženém vývodu, může v soustavě s poruchou docházet k přepětím a jejich příčinou i ke vzniku daleko závažnější poruchy.

Mezi jiné známé metody, která nevyžadují tolik provozních manipulací, patří spojování postiženého a nepostiženého vývodu téže přípojnice do kruhu, kdy se na základě následného přerozdělení netočivé složky proudu provede výpočet/odhad místa poruchy ve vymezeném kruhu. Propojení postiženého a nepostiženého vedení vycházejícího ze stejné přípojnice napájecí rozvodny do kruhu však není vždy možné. Dalším problémem, který brání širšímu využití této metody je nehomogenita parametrů vedení a velké množství odboček od kmenového vedení, kde díky velké členitosti úseků vedení s rozdílnými parametry a konfigurací je jen velmi obtížné a na odbočce od kmenového vedení dokonce i nemožné přesné určení místa poruchy. Přesnou lokalizaci poruchy v členitých distribučních sítích dále výrazně ztěžuje i přesnost měření napěťových a proudových poměrů v napájecí rozvodně a nestálost uvažovaných parametrů jednotlivých prvků.

Dalším technickým řešením lokalizace poruchy ~~Další oblastí techniky určené pro lokalizaci místa poruchy~~ jsou indikátory poruchových stavů. Tato zařízení umožňují na základě monitoringu napěťových a proudových poměrů na vedení indikovat směr poruchy. Pro tento účel je využívána spousta různých metod, které vedou k určení průchodu poruchového proudu místem měření či určení směru tohoto proudu. Tyto metody využívají pro vyhodnocení charakteristických změn signálů monitorovaných v místě instalace na hladině VN. Dle směrovosti těchto indikátorů a znalosti topologie sítě lze pak definovat postižený úsek. Místo poruchy se dohledává „stopováním“ indikátorů, které indikují směr průchodu poruchového proudu, až do místa poruchy. Pokud je indikátor vybaven dálkovou signalizací, lze vytipovat postižený úsek sítě předem a vyslat techniky přímo k tomuto místu. Pokud není

indikátor vybaven dálkovou signalizací, ale pouze optickou je nutné, aby obsluha stopovala indikátory podél vedení až do místa poruchy což je poměrně časově náročné. Nutnou podmínkou pro funkci uvedeného systému je jednoúčelové rozmístění jednotlivých indikátorů do monitorované soustavy. Výsledkem tohoto způsobu lokalizace však není nalezení konkrétního místa poruchy, ale pouze užší vymezení části soustavy s poruchou. Velikost vymezené oblasti závisí přímo na množství instalovaných indikátorů a jejich rozmístění, což je jednou z nevýhod tohoto systému lokalizace poruchy. Mezi další nevýhody patří i nutnost konečného dohledání poruchy obsluhou ve vymezeném úseku a značná komplikace nalezení místa poruchy při případném selhání jednoho z instalovaných indikátorů.

Poslední skupina prostředků pro lokalizaci poruchy v distribučních soustavách je zaměřena na výpočet reaktance/impedance vedení mezi napájecí rozvodnou a místem poruchy. Na základě této reaktance se následně vyčíslí elektrická vzdálenost poruchy od napájecí rozvodny. Ve většině distribučních sítí však této elektrické vzdálenosti, respektive impedanci do místa poruchy, vyhovuje více reálných míst v distribuční síti. Proto pro nalezení skutečného místa poruchy je nutné využít ještě jiného principu lokalizace či fyzicky ověřit, zda k poruše nedošlo v některém touto metodou vybraném místě. Pokud se pro stanovení místa poruchy využívají pouze napěťové a proudové poměry zaznamenané na vývodu z napájecí rozvodny je celková chyba výpočtu délky závislá na nejistotě měření v tomto místě a na znalosti jednotlivých složkových impedancí sítě. Vzhledem k nepřesné znalosti zejména náhradních netočivých impedancí vedení soustavy a nejistotě měření fázových proudů a napětí na vývodu z rozvodny může dojít k výpočtu výsledné délky s poměrně výraznou chybou, která komplikuje následné dohledání poruchy.

Jak vyplývá z výše uvedeného, je pro zvýšení kvality dodávky nezbytné nalezení optimálního řešení, které by vedlo k rychlému a přesnému nalezení místa poruchy uvnitř distribučních sítí, a to zejména u kompenzovaných distribučních sítí, u nichž je lokalizace poruchy nejnáročnější. Bohužel díky komplikacím, které přinášejí neúčinně uzemněné a izolované sítě, má každá z doposud navržených metod své nedostatky, které zabraňují jejich širšímu využití. Jedním z řešení, které odstraňuje nedostatky metod vycházejících ze současného stavu poznání, je využití lokalizace místa zemního spojení založené na měření zpětných složek napětí na sekundárních stranách transformátorů VN/NN, která je předmětem vynálezu.

Cílem vynálezu je představit způsob určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch a monitorovací systém určený k provádění této metody, který by odstranil výše uvedené nedostatky a umožnil rychlé a přesné určení místa vzniku poruchy. Představené řešení kvantifikuje pravděpodobnost výskytu zdroje nesymetrie v jednotlivých uzlech monitorované soustavy, přičemž zdrojem nesymetrie může být jak jakákoliv nesymetrická porucha, tak i jakékoliv zařízení připojené do sítě, které svou činností způsobuje výraznou proudovou/napěťovou nesymetrii v soustavě. Vynález proto lze využít i pro dohledání zdrojů výrazné nesymetrie zhoršujících kvalitu elektrické energie, které musí předcházet jejich odstranění či sjednání nápravných opatření. V současné době neexistuje metoda či zařízení, které by umožnilo bezprostřední nalezení místa zdroje nesymetrie bez časově náročných dílčích měření parametrů kvality elektřiny.

Podstata vynálezu

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry způsob určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch, jehož podstata spočívá v tom, že se vytvoří zpětné schéma monitorované distribuční soustavy; na základě překročení meze změny zpětné složky proudu se vyhodnotí koordinační čas vzniku poruchy; pro daný koordinační čas vzniku poruchy se nashromáždí záznamy změny zpětné složky napětí zaznamenané na sekundárních stranách distribučních transformátorů a záznamy zpětných složek proudů odebíraných z napájecího/cích transformátoru/ů; ze záznamů se stanoví hodnoty maximální změny zpětné složky proudu a napětí odpovídající okamžiku, kdy je součet všech zaznamenaných změn zpětných složek napětí maximální; hodnoty maximální změny zpětných složek napětí se přepočtou na primární stranu příslušného distribučního transformátoru; z hodnot přepočtených maximálních změn zpětných složek napětí a maximálních změn zpětných složek proudu se vyčíslí jednotlivé odchylky absolutních hodnot vypočtených změn zpětné složky napětí a zaznamenaných hodnot maximálních změn zpětné složky napětí v jednotlivých měřicích uzlech, následně vyčíslí celkové odchylky absolutních hodnot vypočtených změn zpětné složky napětí a zaznamenaných hodnot přepočtených maximálních změn zpětné složky napětí pro jednotlivé uzly, a následně vyčíslí pravděpodobnost výskytu zdroje nesymetrie v jednotlivých místech monitorované soustavy.

V jiném výhodném provedení se na základě stanovené pravděpodobnosti výskytu zdroje nesymetrie v jednotlivých místech monitorované soustavy provede grafická vizualizace pravděpodobného místa nesymetrie/pravděpodobnostního rozložení.

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry rovněž monitorovací systém pro lokalizaci nesymetrických poruch obsahující alespoň jednu monitorovací jednotku a vyhodnocovací jednotku, kde mezi vyhodnocovací jednotkou a monitorovací jednotkou je provedena obousměrná komunikace, a mezi vyhodnocovací jednotkou a ovládacím prvkem je provedena řídicí komunikace, jehož podstata spočívá v tom, že monitorovací jednotku tvoří alespoň jedna monitorovací jednotka zpětné složky napětí a alespoň jedna monitorovací jednotka zpětné složky proudu, kde monitorovací jednotka zpětné složky napětí je jednotka monitorování časově synchronních průběhů změny zpětné složky fázového napětí měřeného na sekundární straně distribučního transformátoru monitorovaného distribučního vedení, monitorovací jednotka zpětné složky proudu je jednotka monitorování a zaznamenávání časově synchronních průběhů změny zpětné složky proudu odebíraného z napájecího transformátoru, vyhodnocovací jednotka je jednotka vyhodnocení pravděpodobnosti místa výskytu zdroje nesymetrie v monitorované síti na základě změn zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ zaznamenaných monitorovacími jednotkami pro daný koordinační čas vzniku poruchy.

Ve výhodném provedení je monitorovací jednotka zpětné složky proudu dále opatřena ovládací komunikací ovládacího prvku.

V jiném výhodném provedení je vyhodnocovací jednotka rozdělena na sběrný prvek a vyhodnocovací prvek, přičemž sběrný a vyhodnocovací prvek jsou vzájemně datově propojeny.

V jiném výhodném provedení je monitorovací jednotka zpětné složky napětí umístěna uvnitř distribučních transformačních stanic na sekundárních stranách distribučních transformátorů.

V jiném výhodném provedení je monitorovací jednotka zpětné složky proudu umístěna na sekundární straně napájecího transformátoru nebo v přívodním nebo vývodovém poli napájecí rozvodny.

V jiném výhodném provedení obsahuje monitorovací jednotka zpětné složky proudu napěťový vstup pro monitorování netočivé složky napětí přímým měřením na uzlu napájecího transformátoru.

V jiném výhodném provedení obsahuje monitorovací jednotku zpětné složky proudu napěťový vstup pro monitorování netočivé složky napětí na základě výpočtu z měřených fázových napětí na vstupu nebo výstupu z napájecí rozvodny.

V jiném výhodném provedení je vyhodnocovací jednotka ~~je~~ dále jednotkou pro shromažďování a/nebo spárování a/nebo konvertování časových záznamů změn zpětných složek proudů a napětí přijatých od monitorovací jednotky.

Objasnění výkresů
Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále přiblížen pomocí obrázků, kde:

obr. 1 představuje kompenzovanou distribuční síť s možností připínání pomocného odporu k výkonovému vinutí zhášecí tlumivky s instalovaným monitorovacím systémem podle vynálezu,

obr. 2 představuje způsob zapojení monitorovací jednotky zpětné složky napětí na stranu nízkého napětí distribučního transformátoru,

obr. 3 představuje možné způsoby zapojení monitorovací jednotky zpětné složky proudu do elektrické sítě,

obr. 4 představuje monitorovací jednotku zpětné složky proudu doplněnou o napěťový vstup monitorující netočivou složku napětí přímým měřením na uzlu napájecího transformátoru,

obr. 5 představuje monitorovací jednotku zpětné složky proudu doplněnou o napěťový vstup monitorující netočivou složku napětí měřením fázových napětí na vstupu nebo výstupu z rozvodny,

obr. 6 představuje příkladný model zjednodušené distribuční soustavy se zobrazenými místy měření změny zpětných složek napětí a proudu,

obr. 7 představuje zpětné schéma distribuční soustavy zobrazené na obr. 6 pro účely popisu metody podle vynálezu,

obr. 8 představuje distribuční soustavu pro účely popisu metody podle vynálezu s vyznačeným místem poruchy,

obr. 9 představuje jeden z průběhů zpětné složky napětí měřených v měřicích bodech příkladné sítě zobrazené na obr. 8,

obr. 10 představuje jeden z průběhů změny zpětné složky napětí měřených v měřících bodech příkladné sítě zobrazené na obr. 8,

obr. 11 představuje průběh součtu všech zaznamenaných změn zpětných složek napětí v příkladné sítě zobrazené na obr. 8,

obr. 12 představuje proložené průběhy změn jednotlivých zaznamenaných zpětných složek napětí v příkladné sítě zobrazené na obr. 8,

obr. 13a představuje kompenzovanou síť s možností připojení pomocného odporu k výkonovému vinutí zhášecí tlumivky, s instalovaným monitorovacím systémem podle vynálezu,

obr. 13b představuje kompenzovanou síť s možností připojení pomocného odporu paralelně ke zhášecí tlumivce, s instalovaným monitorovacím systémem podle vynálezu,

obr. 13c představuje kompenzovanou síť bez pomocného odporu, s instalovaným monitorovacím systémem podle vynálezu,

obr. 14a představuje izolovanou soustavu s připínáním pomocného odporu k uzlu transformátoru, s instalovaným monitorovacím systémem podle vynálezu,

obr. 14b představuje izolovanou soustavu s monitorovacím systémem podle vynálezu, a

obr. 14c představuje uzemněnou soustavu přes uzlový odpor s instalovaným monitorovacím systémem podle vynálezu.

Příklad provedení vynálezu

Monitorovací systém podle vynálezu určený pro provádění vyhodnocovací metody určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch v elektrických sítích je představen na obr. 1, a obsahuje:

- monitorovací jednotku 1, 2 obsahující alespoň jednu monitorovací jednotku 1 zpětné složky napětí, zkráceně MZSN, a/nebo alespoň jednu monitorovací jednotku 2 zpětné složky proudu, zkráceně MZSP,
- vyhodnocovací jednotku 3,
- komunikace 4, 5 mezi vyhodnocovací jednotkou 3 a monitorovací jednotkou 1, 2,
- komunikaci 7 mezi vyhodnocovací jednotkou 3 a ovládacím prvkem 6.

MZSN 1

- je umístěna uvnitř distribučních transformačních stanic VN/NN na sekundárních stranách distribučních transformátorů VN/NN na monitorované větvi distribuční sítě, viz detail zobrazený na obr. 2,
- monitoruje změny zpětných složek napětí, zkráceně $\Delta U_{Sr}^{(2)}$, způsobené nesymetrií/průchodem poruchového proudu monitorovanou větví distribuční sítě,
- ukládání záznamu průběhu zpětné složky napětí může být kontinuální nebo jednotlivé, tedy vyvolané překročením její dané nastavené meze, tj. popudové hodnoty, změny zpětné složky napětí,
- paměť pro ukládání naměřených hodnot může být vnitřní, tedy obsažená v MZSN 1, nebo vnější tedy mimo MZSN 1, například ve vyhodnocovací jednotce 3.

MZSP 2

- je umístěna na sekundární straně napájecího transformátoru VVN/VN monitorované distribuční sítě, respektive v přívodním nebo vývodovém poli rozvodny R-VN, viz detail na obr. 3,
- MZSP 2 může být doplněno o napěťové vstupy 2a monitorující netočivou složku napětí přímým měřením na uzlu napájecího transformátoru VVN/VN, viz obr. 4, nebo z výpočtu měřených fázových napětí na vstupu nebo výstupu z rozvodny R-VN, viz obr. 5,
- MZSP 2 monitoruje změny zpětné složky proudu, zkráceně $\Delta I_f^{(2)}$, získané výpočtem z proudů odebíraných monitorovanou částí distribuční soustavy,
- v případě zjištění poruchy, tedy překročení meze změny zpětné složky proudu, určuje MZSP 2 koordinační čas vzniku poruchy a pro tento čas uloží záznam změny zpětné složky proudu včetně předem definovaného pre-triggeru a post-triggeru do paměti, viz níže,
- ukládání informací o zpětné složce proudu může být kontinuální nebo jednotlivé, kdy popud pro uložení záznamu je realizován změnou zpětné složky proudu nad její stanovenou mez, případně při měření netočivé složky napětí může být spuštěn nárůstem netočivé složky napětí nad stanovenou mez,
- při zjištění poruchy MZSP 2 zašle záznam $\Delta I_f^{(2)}$, a koordinační čas vzniku poruchového záznamu vyhodnocovací jednotce 3,

- paměť pro ukládání naměřených hodnot může být vnitřní, tedy obsažená v MZSP 2, nebo vnější tedy mimo MZSP 2, například ve vyhodnocovací jednotce 3.

Vyhodnocovací jednotka 3

- na základě popudu z MZSP 2 o vzniklé poruše shromažďuje vyhodnocovací jednotka 3 časové záznamy změn zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ zaznamenané jednotlivými MZSN 1 pro daný koordinační čas vzniku poruchy přijatý z MZSP 2,
- po stažení všech dostupných záznamů o změně zpětných složek napětí a proudů vyhodnocovací jednotka 3 provádí jejich spárování a konverzi do žádaného formátu,
- na základě maximálních zaznamenaných změn zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx_M}^{(2)}$ a na základě maximálních zaznamenaných změn zpětných složek proudu $\Delta I_{f_M}^{(2)}$ zjištěných na základě analýzy shromážděných záznamů, vyhodnocuje místo poruchy v monitorované síti, přičemž využívá metody uzlových napětí aplikovanou na zpětné schéma monitorované distribuční soustavy.

Vyhodnocovací jednotka 3 může být výhodně rozdělena na dva prvky, tj. na sběrný prvek zajišťující např. sběr dat, jejich spárování a konverzi, a vyhodnocovací prvek pro následné určení pravděpodobnosti místa zdroje nesymetrie. Oba tyto prvky jsou vzájemně propojeny komunikací pro přenos dat.

Pro maximalizaci přesnosti procesu párování jsou jednotlivé jednotky 1, 2 a 3 vzájemně časově synchronizovány.

Příklad zpětného schématu pro jednoduchou distribuční soustavu zobrazenou na obr. 6 je představen na obr. 7. Jde o zjednodušený model příkladné monitorované soustavy pro účely popisu představené metody, kdy každý úsek distribuční sítě se pomocí pomocných uzlů PU rozdělí na jednotlivé elementy, přičemž obsahuje i měřicí uzly MU odpovídající místům umístění jednotek MZSN 1. Přesnost lokačního algoritmu se s menšími délkami jednotlivých elementů zvyšuje.

Mezi vyhodnocovací jednotkou 3 a MZSN 1, a MZSP 2 jsou provedeny obousměrné komunikace 4 a 5 určené pro předávání naměřených či již zaznamenaných dat, zasílání pokynů k jejich předání nebo pro jiné důvody.

Monitorovací systém podle vynálezu může být výhodně doplněn o ovládací komunikaci 7 mezi vyhodnocovací jednotkou 3 a ovládacím prvkem 6 sítě, případně o komunikaci 8 mezi MZSP 2 a ovládacím prvkem 6 sítě, určenou ke spínání tohoto ovládacího prvku 6. Všechny v systému použité komunikační cesty mohou být kabelového nebo bezdrátového typu.

Princip vyhodnocovací metody pro určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch v elektrické síti podle vynálezu, představené na obr. 6, je dále rozvinut pomocí obr. 8, zobrazující místo poruchy sítě a princip zapojení monitorovacího systému určeného k provádění této metody:

MZSN 1 monitorují změny zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ na sekundárních stranách všech dostupných distribučních transformátorů VN/NN. V případě vzniku popudu, výskytu změny zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ vyšší než je nastavená popudová hodnota na MZSN 1, dojde k uložení poruchového záznamu pro tento čas včetně nastaveného pre-triggeru a post-triggeru do paměti MZSN 1, kde hodnota pre-triggeru udává časové období, pro které dojde k uložení záznamu před vznikem popudu a hodnota post-triggeru udává časové období, pro které dojde k uložení záznamu po vzniku popudu. V případě jiného provedení lze průběh změny zpětné složky napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ průběžně zapisovat do kruhové paměti až do doby, kdy dojde k vyžádání daného záznamu vyhodnocovací jednotkou 3 pro konkrétní koordinační čas poruchy rozšířený o pre-trigger a post-trigger.

MZSP 2 monitorují časově synchronní změny zpětné složky proudu $\Delta I_f^{(2)}$ odebíraného z napájecího transformátoru VVN/VN. V případě zjištění poruchy sítě, tedy zjištění překročení nastavené popudové hodnoty změny zpětné složky proudu $\Delta I_f^{(2)}$, dojde k záznamu průběhu této hodnoty dle zvoleného pre-triggeru a post-triggeru do paměti MZSP 2 a k následnému odeslání záznamu spolu s koordinačním časem do vyhodnocovací jednotky 3.

Jednotlivé kroky určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrické poruchy/zdroje nesymetrie vyhodnocovací jednotkou je následující:

Krok 1

Pomocí MZSN 1 se změří fázové napětí na jednotlivých fázích vedení z nichž se vypočítá zpětná složka napětí. Průběh takové zpětné složky napětí $U_{S1}^{(2)}$ je představen na obr. 9, kde čas t_0 odpovídá vzniku poruchy a období t_1 až t_2 době, kdy byl sepnut pomocný odporník R_p. K připínání pomocného odporníku R_p dochází z důvodu zvýšení hodnoty zpětné složky napětí, umožňující snadnější identifikaci a odečítání difference napětí na vedení. Na základě tohoto průběhu zpětné složky napětí jsou kontinuálně počítány střední hodnoty napětí ve dvou časových oknech F1 a F2, které jsou od sebe vzájemně posunuty o časový interval Δt . Velikost časových oken F1 a F2 je stejně jako časový interval Δt uživatelsky volitelná s ohledem na provozní podmínky monitorované soustavy a doby připnutí pomocného odporníku R_p. V představeném příkladě je velikost časových oken deset period základní harmonické a časový interval $\Delta t=0,5s$.

Následně je vypočten průběh změny zpětné složky napětí $\Delta U_{S1}^{(2)}$ představený na obr. 10, daný průběžným rozdílem vypočtených středních hodnot napětí z obou časových oken F1 a F2. V případě překročení popudové hodnoty napětí PH, v představeném případě je jím čas t_0 , tedy okamžik vzniku poruchy, je tato změna zpětné složky napětí $\Delta U_{S1}^{(2)}$ zaznamenána a uložena včetně požadovaného pre-triggeru a post-triggeru do paměti jednotky MZSN 1. Pokud je využíván záznam do kruhové paměti je zaslán vyhodnocovací jednotce záznam odpovídající koordinačnímu času vzniku poruchy včetně požadovaného pre-triggeru a post-triggeru.

Výpočet a záznam průběhu změny zpětné složky proudu je v představeném provedení prováděn přímo v jednotce MZSP 2 analogicky.

Na základě koordinačního času/času výskytu poruchy, stáhne vyhodnocovací jednotka 3 z pamětí jednotlivých MZSN 1 dostupné záznamy změn zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ pro daný čas výskytu poruchy.

Krok 2

Z obdržených poruchových záznamů $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ a $\Delta I_f^{(2)}$ zjistí vyhodnocovací jednotka čas maximální difference zpětných složek napětí a proudu odpovídající okamžiku, kdy je součet $\Sigma(\Delta U_{Sx}^{(2)})$ všech zaznamenaných změn zpětných složek

napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ maximální, jak je představeno na obr. 11, a pro tento konkrétní čas maximální difference MD jsou následně vyčteny maximální hodnoty změny zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx_M}^{(2)}$ a proudu $\Delta I_{f_M}^{(2)}$ pro jednotlivá místa měření, jak je pro napětí graficky zobrazeno na obr. 12, kde času maximální difference MD odpovídají maximální změně zpětných složek napětí $\Delta U_{S1_M}^{(2)}, \Delta U_{S2_M}^{(2)}, \Delta U_{S3_M}^{(2)}$.

Krok 3

Hodnoty maximálních zaznamenaných změn zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx_M}^{(2)}$ jsou přepočteny na primární stranu příslušného distribučního transformátoru VN/NN a spolu s maximálními zaznamenanými změnami zpětných složek proudu $\Delta I_{f_M}^{(2)}$ jsou použity jako vstupní hodnoty pro lokalizační algoritmus pro výpočet pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrické poruchy, tj. zdroje nesymetrie v soustavě.

Pokud je maximální změna zpětné složky proudu $\Delta I_{f_M}^{(2)}$ měřena na jednotlivých vývodech rozvodny R-VN nebo na více napájecích transformátorech VVN/VN lze maximální změnu zpětné složky proudu $\Delta I_{f_M}^{(2)}$ pro lokalizační algoritmus určit vzorcem:

$$\Delta I_{f_M}^{(2)} = \sum_{y=1}^k \Delta I_{f_M,y}^{(2)} \quad (1)$$

kde:

k je počet vývodů z napájecí vysokonapěťové rozvodny R-VN nebo napájecích transformátorů VVN/VN

$\Delta I_{f_M,y}^{(2)}$ je maximální změna zpětné složky proudu měřená na příslušném vývodu y nebo napájecím transformátoru VVN/VN

Krok 4

Pro vyhodnocování je vytvořeno zpětné schéma monitorované soustavy, kdy jednotlivé úseky vedení jsou pomocnými uzly PU rozděleny na dílčí elementy o předem definované maximální délce. Délka těchto dílčích elementů vedení je

uživatelsky volitelná a definuje přesnost nalezení místa poruchy lokalizačním algoritmem, přičemž platí, že přesnost lokalizačního algoritmu je vyšší pro menší délky dílčího elementu vedení. Schéma rovněž obsahuje měřicí uzly MU, tzn. uzly pro které byly zjištěny hodnoty maximálních změn zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx_M}^{(2)}$.

Krok 5

Lokalizační algoritmus postupně připojuje poruchový uzel ZS k jednotlivým uzlům 1 až n , kde n je počet všech uzlů PU, MU, a pro tyto stavy řeší soustavu rovnic:

$$\left[\Delta \bar{U}_n^{(2)} \right]^N = \left[\bar{Y}^{(2)} \right]^{-1} \cdot \left[-\Delta I_{f_M}^{(2)} \right]^N \quad (2)$$

kde:

N je číslo uzlu s předpokládanou poruchou, kdy $N = 1, 2, \dots, n$

$\left[\Delta \bar{U}_n^{(2)} \right]^N$ je matice vypočtené změny zpětné složky napětí v jednotlivých uzlech v případě poruchy v uzlu s číslem N

$\left[\bar{Y}^{(2)} \right]$ je uzlová admitanční matice zpětného schématu soustavy

$\left[-\Delta I_{f_M}^{(2)} \right]$ je matice maximální změny zpětné složky proudu, která je vyvolána poruchou v uzlu N

Pro matici $\left[\Delta \bar{U}_n^{(2)} \right]^N$ lze dále psát rovnici (3):

$$\left[\Delta \bar{U}_n^{(2)} \right]^N = \begin{bmatrix} \left[\Delta \bar{U}_{S_n}^{(2)} \right]^N \\ \left[\Delta \bar{U}_{UP}^{(2)} \right]^N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[\Delta \bar{U}_{S_n 1}^{(2)} \right]^N \\ \left[\Delta \bar{U}_{S_n 2}^{(2)} \right]^N \\ \vdots \\ \left[\Delta \bar{U}_{S_n l}^{(2)} \right]^N \\ \left[\Delta \bar{U}_{UP 1}^{(2)} \right]^N \\ \left[\Delta \bar{U}_{UP 2}^{(2)} \right]^N \\ \vdots \\ \left[\Delta \bar{U}_{UP k}^{(2)} \right]^N \end{bmatrix} \quad (3)$$

kde:

N je číslo uzlu s předpokládanou poruchou, kdy $N = 1, 2, \dots, n$

$[\Delta \bar{U}_{Sn}^{(2)}]^N$ je submatice vypočtené změny zpětné složky napětí v měřicích uzlech MU v případě poruchy v uzlu N

i je počet měřicích uzlů MU

$[\Delta \bar{U}_{UP}^{(2)}]^N$ je submatice vypočtené změny zpětné složky napětí v pomocných uzlech PU v případě poruchy v uzlu N

k je počet pomocných uzlů PU

Příklad rovnice (2) zapsané pro konkrétní případ uvažované poruchy v uzlu $N=3$ je popsán rovnicí (4):

$$\begin{aligned}
 [\Delta \bar{U}_n^{(2)}]^3 &= [\bar{Y}^{(2)}]^{-1} \cdot [-\Delta I_{fM}^{(2)}]^3 \\
 \begin{bmatrix} \Delta \bar{U}_{n1}^{(2)} \\ \Delta \bar{U}_{n2}^{(2)} \\ \vdots \\ \Delta \bar{U}_{nn}^{(2)} \end{bmatrix}^3 &= \begin{bmatrix} [\Delta \bar{U}_{Sn1}^{(2)}]^3 \\ \Delta \bar{U}_{Sn2}^{(2)} \\ \vdots \\ \Delta \bar{U}_{Snl}^{(2)} \\ [\Delta \bar{U}_{UP1}^{(2)}]^3 \\ \Delta \bar{U}_{UP2}^{(2)} \\ \vdots \\ \Delta \bar{U}_{UPk}^{(2)} \end{bmatrix}^3 = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11}^{(2)} & \dots & \bar{Y}_{1n}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{Y}_{n1}^{(2)} & \dots & \bar{Y}_{nn}^{(2)} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\Delta I_{fM}^{(2)} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}^3 \quad (4)
 \end{aligned}$$

Krok 6

V dalším kroku provede lokalizační algoritmus výpočet odchylky ϵ , která je dána rozdílem absolutních hodnot vypočtených změn zpětné složky napětí pro poruchy uvažované v uzlech 1 až n a zaznamenaných hodnot maximálních změn zpětné složky napětí (5).

$$[\varepsilon]^N = \left[\Delta \bar{U}_{Sn}^{(2)} \right]^N - [\Delta U_{Sr_M}^{(2)}] = \begin{bmatrix} \varepsilon_1^N \\ \varepsilon_2^N \\ \vdots \\ \varepsilon_i^N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left| \Delta \bar{U}_{Sn1}^{(2)} - \Delta U_{S1_M}^{(2)} \right| \\ \left| \Delta \bar{U}_{Sn2}^{(2)} - \Delta U_{S2_M}^{(2)} \right| \\ \vdots \\ \left| \Delta \bar{U}_{Sni}^{(2)} - \Delta U_{Si_M}^{(2)} \right| \end{bmatrix}^N \quad (5)$$

kde:

N je číslo uzlu s předpokládanou poruchou, kdy $N = 1, 2, \dots, n$

$[\varepsilon]^N$ je matice odchylek vypočtených změn zpětné složky napětí v měřicích uzlech MU a zaznamenaných hodnot maximálních změn zpětné složky napětí pro poruchu uvažovanou v uzlu N

i je počet měřicích uzlů MU

$[\Delta U_{Sr_M}^{(2)}]$ je matice změřených maximálních změn zpětných složek napětí přepočtených na primární stranu distribučního transformátoru VN/NN pro uzly $x=1, 2, \dots, i$.

Krok 7

Pro zpřesnění lokalizace poruchy v síti lze provést korekci globální chyby δ^N odchylek ε spočívající v odečtení globální chyby odchylek od všech prvků matice $[\varepsilon]^N$, přičemž δ^N je číselná hodnota, respektive chyba, společná pro všechny prvky matice $[\varepsilon]^N$.

Krok 8

V dalším kroku se vypočte matice celkových odchylek $[E]$ pro všechny uvažované poruchy v uzlech 1 až n . Hodnota celkových odchylek může být vypočtena aritmetickým průměrem, případně součtem absolutních hodnot odchylek ε ve všech měřicích uzlech, jak je pro příklad uvedeno ve vztahu (7), kde hodnota celkové odchylky při uvažování poruchy v uzlu N je dána vztahem (6).

$$E_N = \sum_{p=1}^i |\varepsilon_p^N| \quad (6)$$

kde:

N je číslo uzlu s předpokládanou poruchou, kdy $N = 1, 2, \dots, n$

$$[E] = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{p=1}^i |\varepsilon_p^1| \\ \sum_{p=1}^i |\varepsilon_p^2| \\ \vdots \\ \sum_{p=1}^i |\varepsilon_p^n| \end{bmatrix} \quad (7)$$

kde:

i je počet měřicích uzlů MU

V případě uvažování korekce dle kroku 7 lze pro výpočet celkové odchylky $[E]$ využít vzorce:

$$E_N = \left(\sum_{p=1}^i |\varepsilon_p^N| \right) - i \cdot \delta^N \quad (8)$$

kde:

N je číslo uzlu s předpokládanou poruchou, kdy $N = 1, 2, \dots, n$

Krok 9

Z matice celkových odchylek $[E]$ se následně vybere prvek s nejnižší hodnotou celkové odchylky E_{\min} a nejvyšší hodnotou celkové odchylky E_{\max} a vypočte se procentuální pravděpodobnost výskytu zdroje nesymetrie v uzlech 1 až n dle vzorce (9).

$$F_N = \frac{E_{\max} - E_N}{E_{\max} - E_{\min}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (9)$$

kde:

N je číslo uzlu s předpokládanou poruchou, kdy $N = 1, 2, \dots, n$ a F_N je procentuální hodnota pravděpodobnosti výskytu zdroje nesymetrie v uzlu N .

Krok 10

Následně je definováno místo poruchy či nesymetrie na základě pravděpodobnostního rozložení podle výsledků z matice (10) pro jednotlivé uzly 1 až n , kde element s hodnotou 100% odpovídá uzlu s pravděpodobnou poruchou.

$$[F] = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix} \quad [\%] \quad (10)$$

kde:

N je číslo uzlu s předpokládanou poruchou, kdy $N = 1, 2, \dots, n$

Tyto výsledky lokalizačního algoritmu využije vyhodnocovací jednotka vynálezu pro vizualizaci místa poruchy, či umožní jejich předání dalšímu nadřazenému systému.

Příklady provedení vynálezu

Jednotlivé obr. 13, 14 představují příklady rozmístění jednotlivých prvků systému podle vynálezu v různých uvažovaných energetických soustavách. Jak je z těchto obrázků patrné jsou MZSP 2 umístěné na sekundární straně napájecího transformátoru $\underline{VN/VN}$ v přívodním poli rozvodny $\underline{R-VN}$ nebo na jednotlivých vývodech/ve vývodových polích z napájecí rozvodny $\underline{R-VN}$. Jednotky MZSN 1 jsou umístěny na sekundárních stranách distribučních transformátorů $\underline{VN/NN}$. Mezi MZSP 2, MZSN 1 a vyhodnocovací jednotkou 3 je provedena obousměrná komunikace 4 a 5. V případě použití vypínače 6 pro připojení pomocného odporu $\underline{R_p}$ je mezi tímto vypínačem 6 a vyhodnocovací jednotkou 3 a/nebo jednotkou MZSP 2 vytvořena řídicí komunikace 7 a/nebo 8.

V prvním provedení představeném na obr. 13a a 13b je systém podle vynálezu použit v kompenzované soustavě, kdy vyhodnocovací jednotka 3 na základě vyhodnocení poruchové situace může připínat přes spínač 6 pomocný odporník $\underline{R_p}$ buď k výkonovému vinutí zhášecí tlumivky \underline{ZT} , viz obr. 13a, nebo paralelně ke zhášecí tlumivce \underline{ZT} , viz obr. 13b. U provedení popsanych na obr. 13a a

13b je také možné spínat vypínač 6 i na základě povelu MZSP 2 zasláného přes ovládací komunikaci 8.

Podle druhého provedení představeného na obr. 13c je systém podle vynálezu použit v kompenzované soustavě bez pomocného odporníku R_p.

Podle třetího provedení představeného na obr. 14a je systém podle vynálezu použit v izolované soustavě, kdy vyhodnocovací jednotka 3 na základě vyhodnocení poruchové situace připíná přes spínač 6 tento pomocný odporník R_p k uzlu transformátoru VVN/VN. U popsaného provedení je možné spínat vypínač 6 i na základě povelu MZSP 2 zasláného přes ovládací komunikaci 8.

Podle čtvrtého provedení představeného na obr. 14b je systém podle vynálezu použit v soustavě izolované.

Podle pátého provedení představeného na obr. 14c je systém podle vynálezu použit v soustavě uzemněné přes uzlový odporník R_u nebo v soustavě účinně uzemněné $R_u=0\Omega$.

Systém a metoda podle vynálezu je využitelná k lokalizaci nesymetrické poruchy uvnitř izolovaných sítí, kompenzovaných sítí, kompenzovaných sítí vybavených automatikou pro krátkodobé připnutí pomocného odporníku, tak i uvnitř sítí účinně uzemněných či neúčinně uzemněných přes uzlový odporník.

Systém a metoda podle tohoto vynálezu je také využitelná pro nalezení místa připojení zdroje výrazné nesymetrie v distribuční síti vysokého napětí.

Výjimečnost vynálezu spočívá zejména v možnosti přesného stanovení místa poruchy uvnitř rozsáhlých distribučních soustav, které jsou provozovány jako izolované, neúčinně či účinně uzemněné, přičemž pro lokalizaci místa poruchy využívá zaznamenaných průběhů změny zpětných složek napětí měřených na sekundárních stranách distribučních transformátorů VN/NN na jejichž základě dokáže určit pravděpodobnost místa výskytu nesymetrických poruch nebo místa výskytu zdroje výrazné proudové/napěťové nesymetrie uvnitř rozsáhlých distribučních soustav. Určení místa poruchy je díky vynálezu možné bez přerušení dodávky elektřiny a bez nutnosti změny konfigurace soustavy ve všech typech provozovaných distribučních sítí a pro všechny typy nesymetrických poruch. Výjimečnost vynálezu spočívá i v možnosti několikanásobné lokalizace místa poruchy u soustav kompenzovaných či izolovaných pro případy, kdy nebylo možné

provést lokalizaci poruchy na základě prvotně naměřených dat či pro případ zpřesnění vypočtené pravděpodobnosti místa poruchy vynálezem. Výhodou je rovněž využití zpětných složek impedancí pro určení místa nesymetrie/poruchy vynálezem, které jsou v porovnání s běžně užívanými netočivými složkami daleko přesnější a dobře známé. Vynález je výjimečný rovněž tím, že ke stanovení místa poruchy v síti není předem nutná detekce postiženého vývodu, přičemž přesnost lokalizace je dána zejména velikostí zvoleného dílčího elementu vedení soustavy a množstvím instalovaných MZSN, přičemž využitím většího počtu měřicích míst ve větší blízkosti místa poruchy, kde je vliv poruchy na napěťové poměry nejvýraznější, se eliminuje riziko chybného výpočtu místa poruchy vynálezem. Výhodou je také možnost lokalizace poruchy i v případě výpadku některého/některých z monitorů změny zpětné složky napětí. Vynález také nabízí možnost jeho využití při dohledání zdrojů výrazné nesymetrie v distribučních sítích vysokého napětí pro jeho následné odstranění, což přispěje ke zkvalitnění dodávky elektrické energie.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch, **vyznačující se tím, že**

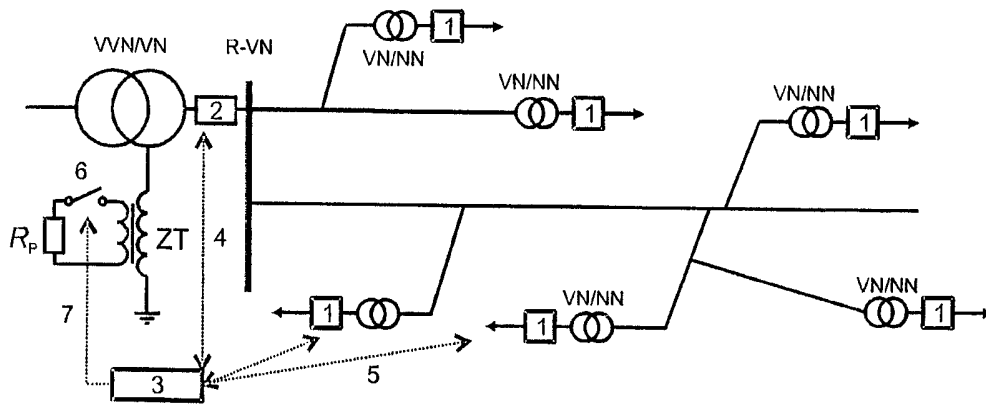
- se vytvoří zpětné schéma monitorované distribuční soustavy
- na základě překročení meze změny zpětné složky proudu se vyhodnotí koordinační čas vzniku poruchy,
- pro daný koordinační čas vzniku poruchy se nashromáždí záznamy změny zpětné složky napětí zaznamenané na sekundárních stranách distribučních transformátorů (VN/NN) a záznamy zpětných složek proudů odebíraných z napájecích transformátorů (VVN/VN),
- ze záznamů se stanoví hodnoty maximální změny zpětné složky proudu a napětí odpovídající okamžiku, kdy je součet všech zaznamenaných změn zpětných složek napětí maximální,
- hodnoty maximální změny zpětných složek napětí se přepočtou na primární stranu příslušného distribučního transformátoru (VN/NN)
- z hodnot přepočtených maximálních změn zpětných složek napětí a maximálních změn zpětných složek proudu se:
 - vyčíslí jednotlivé odchylky absolutních hodnot vypočtených změn zpětné složky napětí a zaznamenaných hodnot maximálních změn zpětné složky napětí v jednotlivých měřicích uzlech (MU),
 - vyčíslí celkové odchylky absolutních hodnot vypočtených změn zpětné složky napětí a zaznamenaných hodnot maximálních změn zpětné složky napětí pro jednotlivé uzly,
 - vyčíslí pravděpodobnost výskytu zdroje nesymetrie v jednotlivých místech monitorované soustavy

2. Způsob určení pravděpodobnosti místa výskytu nesymetrických poruch podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** na základě stanovené pravděpodobnosti výskytu zdroje nesymetrie v jednotlivých místech monitorované soustavy se provede grafická vizualizace pravděpodobného místa nesymetrie/pravděpodobnostního rozložení.

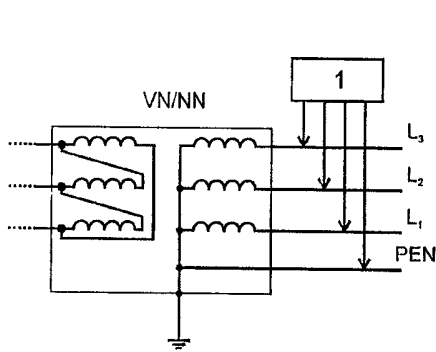
3. Monitorovací systém pro lokalizaci nesymetrických poruch obsahující alespoň jednu monitorovací jednotku a vyhodnocovací jednotku, kde mezi vyhodnocovací jednotkou a monitorovací jednotkou je provedena obousměrná komunikace, a mezi vyhodnocovací jednotkou a ovládacím prvkem je provedena řídicí komunikace, **vyznačující se tím, že**
- monitorovací jednotku tvoří alespoň jedna monitorovací jednotka (1) zpětné složky napětí a alespoň jedna monitorovací jednotka (2) zpětné složky proudu, kde:
 - monitorovací jednotka (1) zpětné složky napětí je jednotka monitorování časově synchronních průběhů změny zpětné složky fázového napětí měřeného na sekundární straně distribučního transformátoru (VN/NN) monitorovaného distribučního vedení,
 - monitorovací jednotka (2) zpětné složky proudu je jednotka monitorování a zaznamenávání časově synchronních průběhů změny zpětné složky proudu odebíraného z napájecího transformátoru (VVN/VN),
 - vyhodnocovací jednotka (3) je jednotka vyhodnocení pravděpodobnosti místa výskytu zdroje nesymetrie v monitorované síti na základě změn zpětných složek napětí $\Delta U_{Sx}^{(2)}$ zaznamenaných monitorovacími jednotkami pro daný koordinační čas vzniku poruchy.
4. Monitorovací systém podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** monitorovací jednotka (2) zpětné složky proudu je dále opatřena ovládací komunikací (8) ovládacího prvku (6).
5. Monitorovací systém podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** vyhodnocovací jednotka (3) je rozdělena na sběrný prvek a vyhodnocovací prvek, přičemž sběrný a vyhodnocovací prvek jsou vzájemně datově propojeny.
6. Monitorovací systém podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** monitorovací jednotka (1) zpětné složky napětí je umístěna uvnitř distribučních transformačních stanic (VN/NN) na sekundárních stranách distribučních transformátorů (VN/NN).

7. Monitorovací systém podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** monitorovací jednotka (2) zpětné složky proudu je umístěna na sekundární straně napájecího transformátoru (VVN/VN) nebo v přívodním nebo vývodovém poli napájecí rozvodny (R-VN).
8. Monitorovací systém podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** monitorovací jednotka (2) zpětné složky proudu obsahuje napěťový vstup (2a) pro monitorování netočivé složky napětí přímým měřením na uzlu napájecího transformátoru (VVN/VN).
9. Monitorovací systém podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** monitorovací jednotku (2) zpětné složky proudu obsahuje napěťový vstup (2a) pro monitorování netočivé složky napětí na základě výpočtu z měřených fázových napětí na vstupu nebo výstupu z napájecí rozvodny (R-VN).
10. Monitorovací systém podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** vyhodnocovací jednotka (3) je dále jednotkou pro shromažďování a/nebo spárování a/nebo konvertování časových záznamů změn zpětných složek proudů a napětí přijatých od monitorovací jednotky (1, 2).

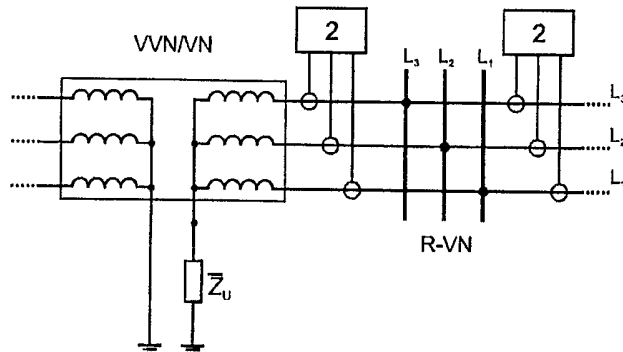
1/4 23



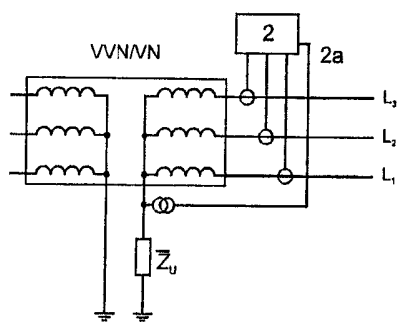
Obr. 1



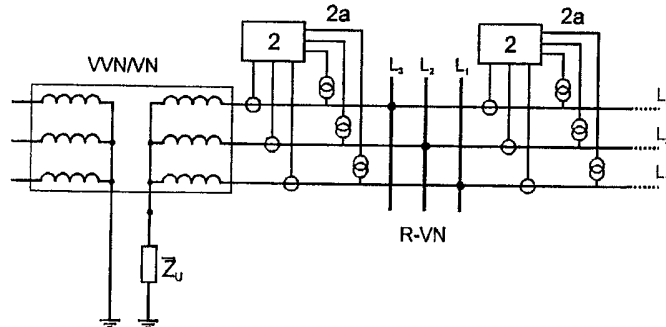
Obr. 2



Obr. 3



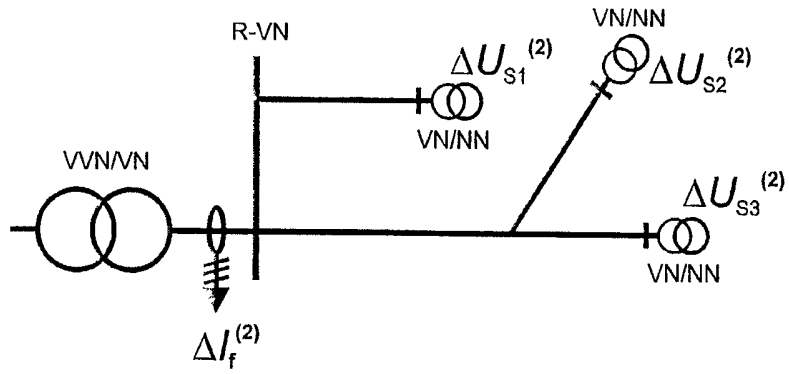
Obr. 4



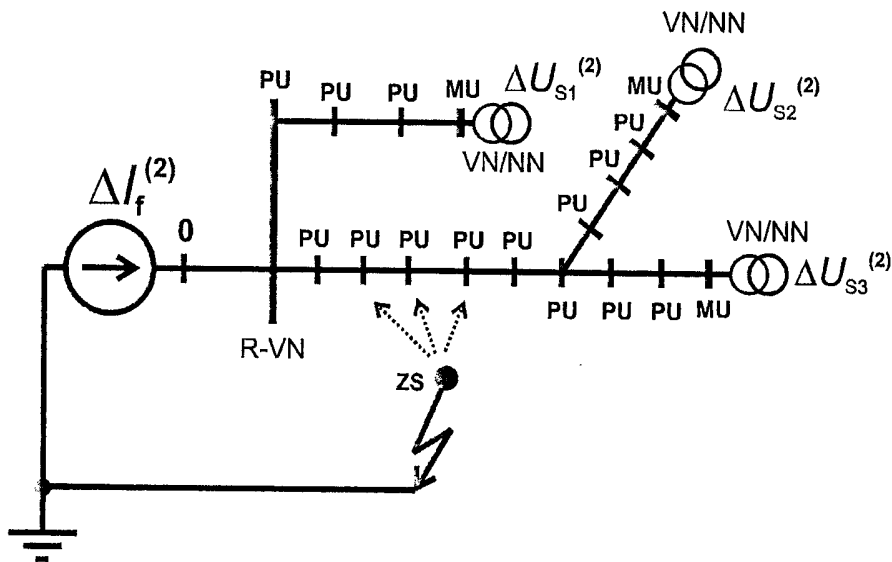
Obr. 5

2/4

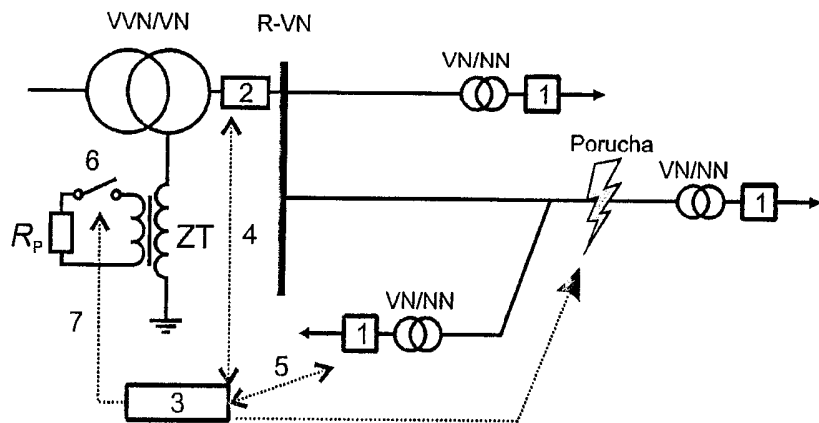
24*



Obr. 6



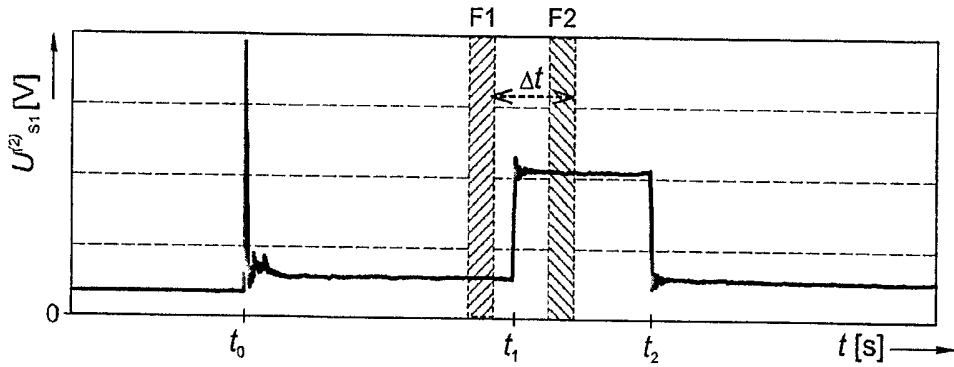
Obr. 7



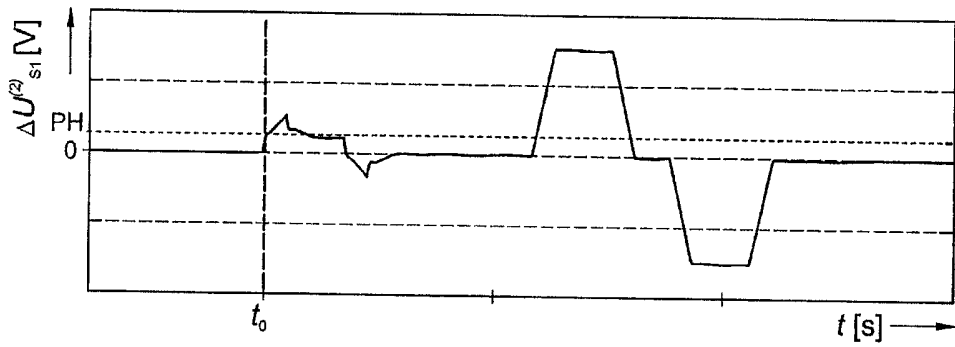
Obr. 8

3/4

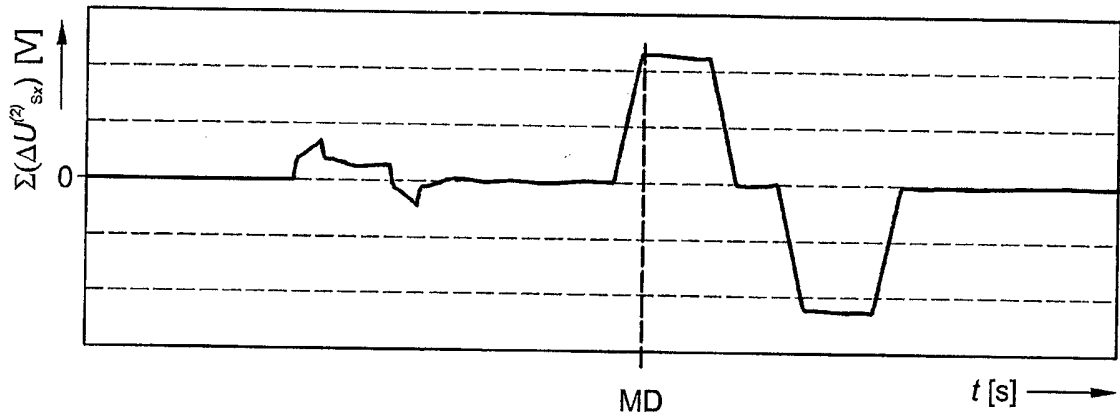
25r



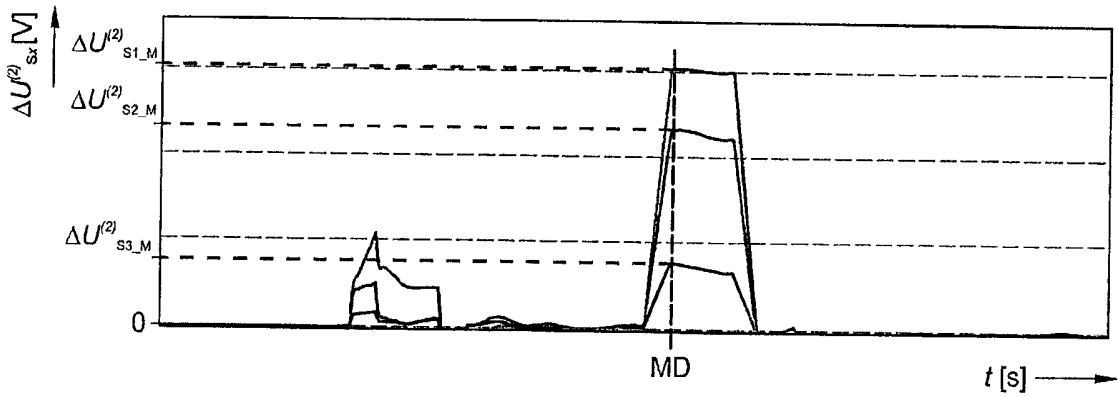
Obr. 9



Obr. 10

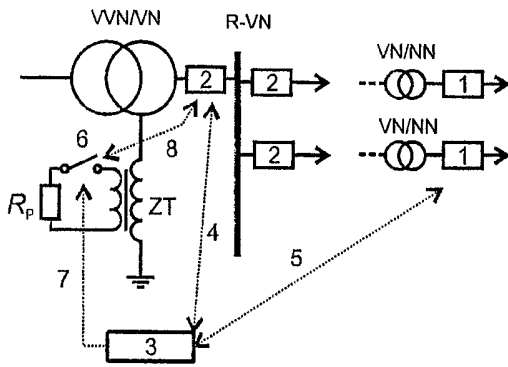


Obr. 11

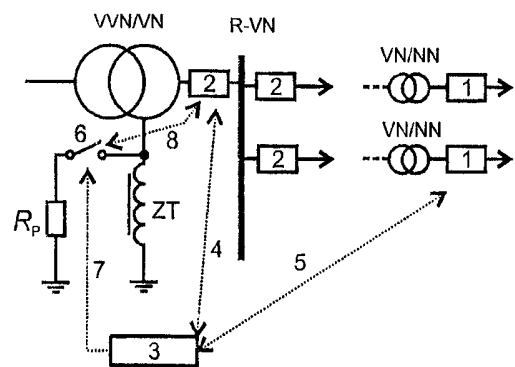


Obr. 12

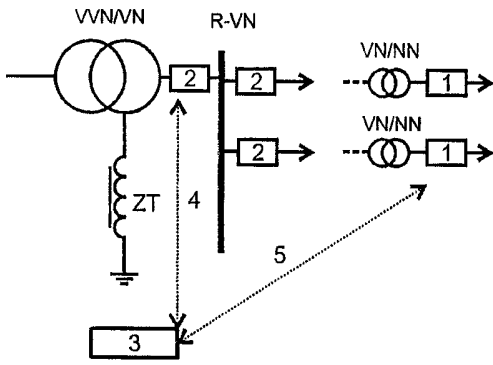
4/4



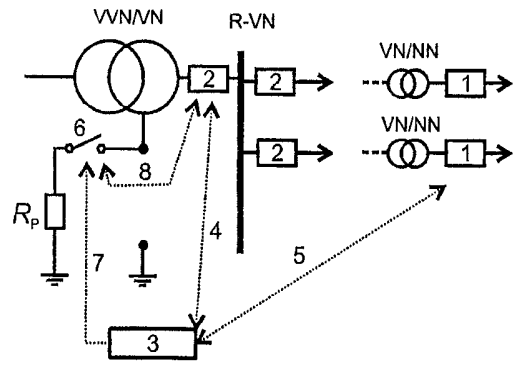
Obr. 13a



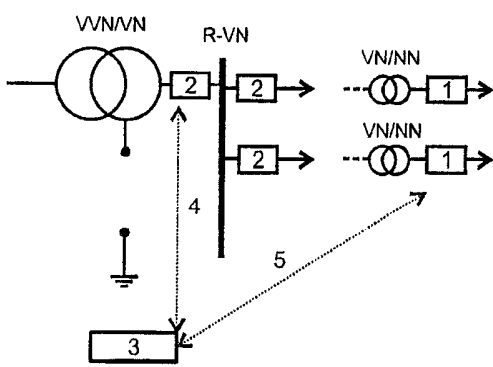
Obr. 13b



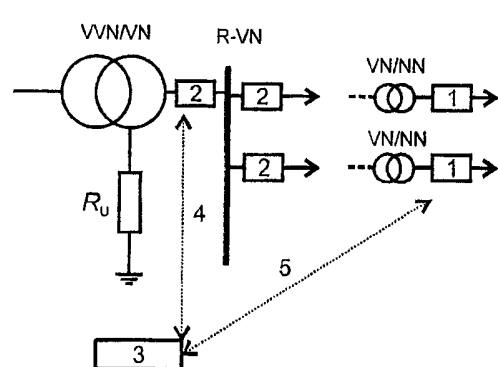
Obr. 13c



Obr. 14a



Obr. 14b



Obr. 14c