



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

218693  
(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 R 11/19  
G 01 V 3/00

(22) Přihlášeno 04 12 78  
(21) (PV 7980-78)

(40) Zveřejněno 30 04 82

(45) Vydáno 15 04 85

(75)  
Autor vynálezu HALOUSEK JAN Ing., PRAHA

## (54) Zapojení pro vyloučení chyb elektrických měření působených harmonickým rušením

1

Předmětem vynálezu je zapojení pro vyloučení chyb elektrických měření působených harmonickým rušením, jehož součástí je integrační vyhodnocovací obvod připojený k vstupnímu zesilovači měřeného signálu přes hradlovací obvod, který je ovládán nastavitelnými čítači a mezerovacím nastavitelným děličem, připojenými k oscilátoru a vysílači. Zapojení je vhodné pro měřicí přístroje, zejména geofyzikální, pracující v tzv. časové oblasti, s časovým vzorkováním signálu, používané při aplikaci geoelektrických metod přechodových jevů, metody vynucené polarizace apod.

Harmonický rušivý signál vyvolaný síťovým kmitočtem je jedním ze závažných zdrojů rušení při aplikaci elektrodových a elektromagnetických geoelektrických průzkumných metod. Snižuje nejen přesnost měření, ale nepříznivě ovlivňuje i ekonomické náklady při stavbě geoelektrických aparatur. Pro dosažení vyhovujícího poměru vysílaného signálu k rušivému signálu se zpravidla zvyšuje výkon vysílače geoelektrické aparatury, který roste s druhou mocninou se zvyšováním intenzity signálu. Se zvyšováním výkonu vysílače se neúměrně zvyšují i jeho pořizovací náklady.

Při aplikaci geoelektrických průzkumných metod jsou měřena a zpracovávána

2

veličinou časové funkční závislosti, tvary elektrických signálů. Zpracování bývá založeno na časovém vzorkování měřených signálů. Má-li však být tvar časové funkční závislosti signálu zachován a přenesen bez zkreslení, musí být přenášeno i celé příslušné kmitočtové pásmo signálu rovnoměrně. Není proto možno používat při zpracování signálu kmitočtově závislých filtrů k omezení vlivu rušení harmonickým signálem síťového kmitočtu. U dosud známých zapojení pro vyloučení chyb elektrických měření působených harmonickým rušením se měřený signál integruje a využívá se jeho relace ke kmitočtu síťového rušení. Relace je buď doba vzorkování, nebo u opakovaných měření, perioda vzorkování. Relace může být zvolena buď tak, že doba vzorkování nebo dvojnásobek periody vzorkování, případně doba i dvojnásobek periody, jsou celistvým násobkem doby periody síťového rušení, a tím je jeho vliv omezen, nebo je zvolena tak, aby vznikající rušení rozdílového, interferenčního kmitočtu bylo možno na výstupu odfiltrovat zařízením určujícím střední hodnotu s časovou konstantou, která interferenci potlačí. Takto dosažitelné potlačení je však technicky značně omezeno nejen velikostí použitelných časových konstant, ale i lineární dynamikou zesilovačů.

Volba doby vzorkování a volba dvojnásobku doby periody vzorkování rovné násobku doby periody síťového rušení nepřináší u dosavadních geoelektrických aparatur uspokojivé výsledky. Dosažitelné potlačení rušení síťovým kmitočtem je omezeno jednak nestálostí obvodů určujících tyto doby, jednak nestálostí kmitočtu síťového rušení. Zásadní potíže působí i to, že vzorkování musí být časově vázáno k činnosti vysílače primárního proudu v celém geoelektrickém měřicím systému.

Je také známa metoda potlačení vlivu síťového rušení na měřenou hodnotu napětí, nezávislá na nestálosti síťového kmitočtu, využívající tzv. fázového závěsu. Kmitočet oscilátoru, z něhož je odvozována délka vzorkování, je řízen fázovým rozdílem mezi kmitočtem odvozeným z téhož oscilátoru, rovným přibližně kmitočtu síťového rušení, a tímto rušením tak, aby rozdíl byl roven nule. Nevýhodou tohoto řešení je, že začátek doby vzorkování, poloha vzorku v čase, je určen síťovým kmitočtem, zatímco v geofyzikálních průzkumných metodách s časovým vzorkováním signálu je třeba vázat vzorkování přesně k činnosti vysílače primárního proudu.

Uvedené nedostatky odstraňuje zapojení pro vyloučení chyb elektrických měření působených harmonickým rušením, jehož součástí je integrační vyhodnocovací obvod připojený k vstupními zesilovači měřeného signálu přes hradlovací obvod, který je ovládnán nastavitelnými čítači a mezerovacím nastavitelným děličem, připojenými k oscilátoru a vysílači, zapojení podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že na řídicí svorku oscilátoru s elektricky říditelným kmitočtem je přes integrační odchylkový zesilovač zapojen výstupem porovnávací obvod, propojený první vstupní svorkou s výstupem kmitočtového děliče a druhou vstupní svorkou přes omezovač se vstupním zesilovačem.

Pro zlepšení funkce a usnadnění obsluhy přístroje se zapojením podle vynálezu je účelné, když mezi omezovač a vstupní zesilovač je zařazen elektricky říditelný přenosový článek, zapojený do zpětnovazební smyčky se selektivním zesilovačem, usměrňovačem, odečítacím členem a úrovnovým integračním odchylkovým zesilovačem.

Je-li v měřicím systému třeba používat časových signálů složitějších než je obdélníkový průběh signálu, je výhodné, když k integračnímu vyhodnocovacímu obvodu je připojen pomocný generátor s elektricky říditelnou dobou kmitu, zapojený současně na prvou vstupní svorku pomocného pomocného porovnávacího obvodu, se kterým je zpětnovazebně spojen přes pomocný integrační odchylkový zesilovač, přitom pomocný porovnávací obvod je druhou vstupní svorkou spojen se vzorkovacím nastavitelným čítačem a/nebo přes pomocný nastavitelný čítač s oscilátorem.

Výhody zapojení podle vynálezu vyplývají z toho, že činnost měřicího systému, především oscilátoru, je časově vázána a řízena násobkem síťového kmitočtu, na kterém oscilátor pracuje. Kmitočet oscilátoru je řízen rozdílem doby periody síťového kmitočtu, zachyceného přijímačem a násobku doby periody vymezené oscilátorem, získaného dělením kmitočtu oscilátoru nebo odpočítáváním předvoleného počtu jeho period. Z oscilátoru lze odvodit buď periodu opakování celého měřicího cyklu, a tím i vzorkování, nebo délku vzorkování, nebo periodu opakování i délku vzorkování současně, a to tak, že perioda opakování měřicího cyklu se učiní rovnou celistvým lichým násobkům půlperiody síťového kmitočtu, pracuje-li systém bez periodické reversace polarity. V případě, že systém reversuje polaritu v každém cyklu opakování, učiní se délka vzorkování celistvým nebo necelistvým násobkem periody síťového kmitočtu.

Požadovaných délek period opakování i délek vzorkování je možno u zapojení podle vynálezu dosáhnout buď přímo dělením kmitočtu oscilátoru nebo v případě požadavku snadné nastavitelnosti periody opakování i doby vzorkování synchronizací těchto dob s programově nastavitelným odpočítaným počtem kmitů oscilátoru. Stejně je možno vázat i činnost vysílače z hlavního oscilátoru.

Je-li v zapojení podle vynálezu zařazena zpětnovazební smyčka pro automatické nastavení amplitudy síťového rušení, usnadní se obsluha aparatury, v níž je zapojení využito. Přijímaný signál se spolu s rušením síťovým kmitočtem přivede přes elektricky říditelný přenosový článek napětovým přenosem na selektivní zesilovač, naladěný na síťový kmitočet a z jeho výstupu na usměrňovač. Usměrněné napětí se porovná s pomocným stejnosměrným napětím konstantní hodnoty a rozdílem se řídí napětový přenos elektricky říditelného přenosového článku. Touto regulační smyčkou je amplituda síťového rušení v místě před připojením selektivního zesilovače stabilizována a tak vhodně upravena k dalšímu zpracování v obvodu automatického řízení kmitočtu oscilátoru.

V měřicím systému se zapojením podle vynálezu lze použít i signálů se složitějším průběhem, než je obdélníkový průběh. Takové signály se pak generují pomocným generátorem, řízeným na principu fázového závěsu oscilátorem. Perioda nebo půlperioda pomocného generátoru se porovnává s časovými úseky získanými programově nastavitelným odpočítáváním počtu kmitů oscilátoru a výsledným rozdílem se řídí perioda nebo půlperioda pomocného generátoru.

Příklad zapojení pro vyloučení chyb elektrických měření působených harmonickým rušením, zapojení podle vynálezu, je zná-

zorněn na výkresech, kde obr. 1 znázorňuje blokové schéma základního zapojení a obr. 2 blokové schéma zapojení s regulační smyčkou a s pomocným generátorem.

Součástí zapojení podle vynálezu, viz obr. 1, je integrační vyhodnocovací obvod 1, připojený k vstupnímu zesilovači 3 měřeného signálu přes hradlovací obvod 2, ovládaný vzorkovacím nastavitelným čítačem 4, který je spojen s oscilátorem 5. Vzorkovací nastavitelný čítač 4 je řízen mezerovacím nastavitelným děličem 6, připojeným k oscilátoru 5 a řízeným vysílacím nastavitelným čítačem 7, připojeným rovněž k oscilátoru 5 a kromě toho i k vysílači 8. Vysílací nastavitelný čítač 7 je ovládán periodovým nastavitelným děličem 9, řízeným impulsem start a propojeným s hlavním oscilátorem 5 prostřednictvím kmitočtového děliče 10. Na řídicí svorku 11 oscilátoru 5, který je vytvořen jako oscilátor s elektricky říditelným kmitočtem, je prostřednictvím integračního odchylkového zesilovače 15 zapojen výstup hlavního porovnávacího obvodu 12, jehož první vstupní svorka 13 je propojena s výstupem děliče 10 a druhá vstupní svorka 14 prostřednictvím omezovače 16 s vstupním zesilovačem 3.

V alternativním provedení, viz obr. 2, je zapojení podle vynálezu upraveno pro regulaci amplitudy a použití signálů se složitějšími průběhy signálů. Mezi omezovač 16 a vstupní zesilovač 3 je zařazen elektricky říditelný přenosový článek 17, zapojený do smyčky se selektivním zesilovačem 18, usměrňovačem 19, odečítacím členem 20 a úrovniovým integračním odchylkovým zesilovačem 21. K integračnímu vyhodnocovacímu obvodu 1 je připojen pomocný generátor 22 s elektricky říditelnou dobou kmitu. Pomocný generátor 22 je současně zapojen na první vstupní svorku 26 pomocného porovnávacího obvodu 23, který je druhou vstupní svorkou 27 propojen přes pomocný nastavitelný čítač 25 se vzorkovacím nastavitelným čítačem 4. Kromě toho je pomocný generátor 22 spojen s pomocným porovnávacím obvodem 23 přes pomocný integrační odchylkový zesilovač 24. Pomocný nastavitelný čítač 25 je propojen s oscilátorem 5.

Po připojení vstupního zesilovače 3 ke snímači pole, zdroje vstupního signálu, na obr. nezakresleného, se na výstupu zesilovače 3 objeví převážně harmonický rušivý signál síťového kmitočtu, například kmitočtu 50 Hz. Tento rušivý signál je přes elektricky říditelný přenosový článek 17 a amplitudový omezovač 16 přiveden ke druhé vstupní svorce 14 hlavního porovnávacího obvodu 12, zatímco k první vstupní svorce 13 hlavního porovnávacího obvodu 12 je přiveden výstup z oscilátoru 5 prostřednictvím děliče 10. Oscilátor 5 je vytvořen jako oscilátor s kmitočtem elektricky říditelným. Řídicí signál se přivádí na jeho řídicí svorku 11. Kmitočet oscilátoru 5 je zvolen tak,

aby při nulovém napětí na řídicí svorce 11 byl po vydělení kmitočtovým děličem 10 roven přibližně 50 Hz. Výstupní signál hlavního porovnávacího obvodu 12 je úměrný rozdílu délek periody, nebo půlperiody, respektive rozdílu fází, signálů, přiváděných na jeho první vstupní svorku 13 a druhou vstupní svorku 14. Výstupní signál hlavního porovnávacího obvodu 12 je kladný, je-li perioda signálu přiváděného na jeho první vstupní svorku 13 z kmitočtového děliče 10 delší než perioda signálu přiváděná na jeho druhou vstupní svorku 14 z omezovače 16. Velikost výstupního signálu je úměrná velikosti rozdílu zmíněných délek periody. Výstupní signál hlavního porovnávacího obvodu 12 je záporný v případě opačného poměru délek period a je nulový v případě rovnosti délek period, respektive jejich soufázovosti. Výstupní signál hlavního porovnávacího obvodu 12 je v integračním odchylkovém zesilovači 15 zesílen, kmitočtově zkorigován, integrován a dále přiveden na řídicí svorku 11 oscilátoru 5. Tím je uzavřena regulační smyčka, která automaticky nastaví kmitočet oscilátoru 5 tak, aby po vydělení děličem 10 byl právě roven kmitočtu současně existujícího rušivého signálu síťového kmitočtu přiváděného na vstupní zesilovač 3.

Po dosažení zmíněné rovnosti kmitočtů probíhá vlastní měření, které bude synchronizováno s rušivým signálem síťového kmitočtu. Z oscilátoru 5 se odvodí perioda opakování celého měřicího cyklu, perioda měřicího vzorkování i délka měřicího vzorkování. Perioda opakování měřicího cyklu bude rovna celistvým lichým násobkům půlperiody síťového kmitočtu v případě, že systém pracuje bez periodické reverzace polarit, nebo celistvým násobkům periody síťového kmitočtu v případě, že systém reverzuje polaritu v každém cyklu. Délka měřicího vzorkování bude nastavitelná celistvým, nebo i necelistvým, ale vždy pevným násobkem periody síťového kmitočtu. Oběma opatřeními se dosáhne nulové střední hodnoty rušivého signálu síťového kmitočtu po integraci ve vyhodnocovacím obvodu 1 pro každý měřený vzorek nebo pro každý po sobě následující pár vzorků.

Průběh měření začne připojením impulsu „Start“ k řízení periodového nastavitelného děliče 9. Z výstupu kmitočtového děliče 10 jsou na vstup periodového nastavitelného děliče 9 přiváděny impulsy s dobou periody 10 ms. Je-li například periodový nastavitelný dělič 9 nastaven na  $n = 10$  a na jeho řízení je přiváděn impuls start, pak se každých 100 ms objeví impuls na jeho výstupu a je přiveden do řízení vysílacího nastavitelného čítače 7. Vysílací nastavitelný čítač 7 pracuje analogicky jako další nastavitelný čítač 4, 25. Na výstupu vysílacího nastavitelného čítače 7 se objeví impuls, začínající v okamžiku příchodu impulsu na

jeho vstup, je-li současně přítomen impuls na jeho řízení. Impuls na výstupu skončí v okamžiku příchodu k-tého impulsu na vstup vysílacího nastavitelného čítače 7, kde k je takový počet impulsů, na který je vysílací nastavitelný čítač 7 nastaven. Ve vlastní technické realizaci zapojení podle vynálezu mohou být zmíněné čítače 4, 7, 25 a děliče 6, 9, 10 konstrukčně, funkčně i technologicky vzájemně spojeny, aniž by jejich princip činnosti byl narušen. V uvedeném příkladu se na výstupu vysílacího nastavitelného čítače 7 objeví každých 100 milisekund impuls délky rovné v něm nastavenému počtu pulsů oscilátoru 5.

Z výstupu vysílacího nastavitelného čítače 7 je přímo řízen vysílač 8, který vyše primární budicí puls, například při kmitočtu oscilátoru 5 rovném 10 kHz a nastavení vysílacího nastavitelného čítače 7 na počet 300, bude vyslán vysílačem 8 budicí puls délky 30 ms. Výstup vysílacího nastavitelného čítače 7 je dále použit k řízení mezerovacího nastavitelného děliče 6. Mezerovací nastavitelný dělič 6 reaguje na ukončení impulsu řízení a vyše na výstupu impuls v okamžiku vzdáleném o v něm nastavený počet impulsů přiváděných na jeho vstup. Například při nastavení mezerovacího nastavitelného děliče 6 na 150 a při zmíněném kmitočtu oscilátoru 5 bude impuls na výstupu mezerovacího nastavitelného děliče 6 zpožděn o 15 ms proti ukončení pulsu vysílače 8, respektive o 45 ms proti začátku pulsu vysílače 8. Zmíněný výstup mezerovacího nastavitelného děliče 6 umožní po přivedení do řízení vzorkovacího nastavitelného čítače 4 vznik impulsu na jeho výstupu po dobu danou jeho nastavením a periodou impulsů přiváděných na jeho vstup z oscilátoru 5. Například při nastavení 200 bude výstupní impuls délky 20 ms. Jeho začátek bude zpožděn o 15 ms proti konci pulsu vysílače 8. Výstupní impuls řídí hradlovací obvod 2 a v uvedeném příkladě umožní, aby integrační vyhodnocovací obvod 1 byl na dobu 20 ms, zpožděným o 15 ms proti konci pulsu vyslaného vysílačem 8, připojen na vstupní zesilovačem 3 zesílený měřený signál. Jelikož střední hodnota rušení síťového kmitočtu integračně vyhodnocená za dobu 20 ms, tedy celé periody, je nulová, nebude hodnota signálu, měřená integračním vyhodnocovacím obvodem 1 síťovým rušením ovlivněna.

Vzájemně superponovaný signál a síťové rušení mají zpravidla velikou dynamiku amplitud. Pro zajištění spolehlivé činnosti omezovače 16, a tím i správné činnosti oscilátoru 5 je účelné stabilizovat amplitudu síťového rušení, přiváděnou do omezovače 16. V příkladném provedení je toho dosaženo tak, že mezi vstupní zesilovač 3 a omezovač 16 je zařazen elektricky říditelný přenosový článek 17 a jeho přenos je řízen zpětnovazební smyčkou. Signál z jeho výstupu je přes selektivní zesilovač 18, nalaďený na síťový kmitočet zpracovaný usměrňovačem 19, přiveden do odečítacího členu 20, kde je provedena superpozice s předem zvoleným napětím opačné polarity. Výsledným rozdílem je přes úrovňový integrační odchylkový zesilovač 21 uzavřena smyčka zpětné vazby do řízení elektricky říditelného přenosového článku 17.

Jedním ze způsobů zvyšování odolnosti integračních vyhodnocovacích obvodů, zejména proti náhodnému rušení, je násobení signálu funkcí předem zvoleného průběhu. Pro usnadnění této operace a její správnou časovou synchronizaci je zapojení doplněno pomocným generátorem 22 zvoleného průběhu. Pomocný generátor 22 je realizován jako generátor s elektricky říditelnou délkou periody, respektive délkou kmitu v případě jednorázového generátoru. Řízení pomocného generátoru 22 je v příkladném provedení zajištěno prostřednictvím pomocného integračního odchylkového zesilovače 24 z výstupu pomocného porovnávacího obvodu 23, pracujícího zcela analogicky k funkci hlavního porovnávacího obvodu 12. Na první vstupní svorku 26 pomocného porovnávacího obvodu 23 je přiváděn signál z pomocného generátoru 22. Na druhou vstupní svorku 27 pomocného porovnávacího obvodu 23 je přiváděn signál buď přímo z výstupu vzorkovacího nastavitelného čítače 4 nebo z oscilátoru 5 prostřednictvím pomocného nastavitelného čítače 25 řízeného z výstupu vzorkovacího nastavitelného čítače 4. Signál na výstupu pomocného porovnávacího obvodu 23 je úměrný rozdílu délek period přiváděných na oba jeho vstupy. Pomocným integračním odchylkovým zesilovačem je regulační smyčka uzavřena a dosaženo toho, že kmit pomocného generátoru 22 je současný s činností vzorkování řízenou hradlovacím obvodem 2.

## PŘEDMĚT VYNÁLEZU

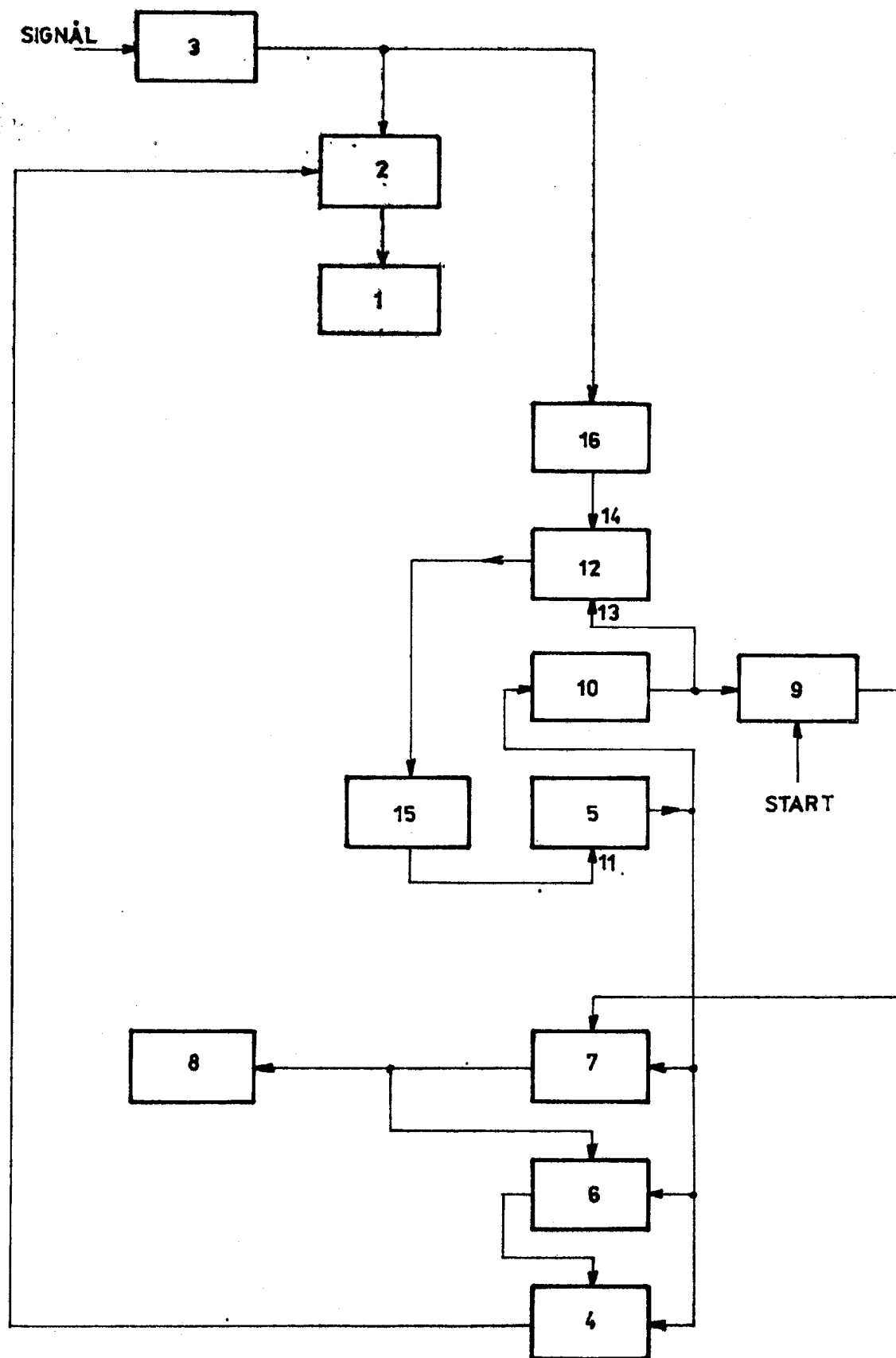
1. Zapojení pro vyloučení chyb elektrickým měřením působených harmonickým rušením, jehož součástí je integrační vyhodnocovací obvod připojený k vstupnímu zesilovači měřeného signálu přes hradlovací obvod, který je ovládán nastavitelnými čítači a mezerovacím nastavitelným děličem, připojenými k oscilátoru a vysílači, vyznačené tím, že na řídicí svorku (11) oscilátoru (5) s elektricky říditelným kmitočtem je přes integrační odchylkový zesilovač (15) zapojen výstupem porovnávací obvod (12), propojený první vstupní svorkou (13) s výstupem kmitočtového děliče (10) a druhou vstupní svorkou (14) přes omezovač (16) se vstupním zesilovačem (3).

2. Zapojení podle bodu 1, vyznačené tím, že mezi omezovač (16) a vstupní zesilo-

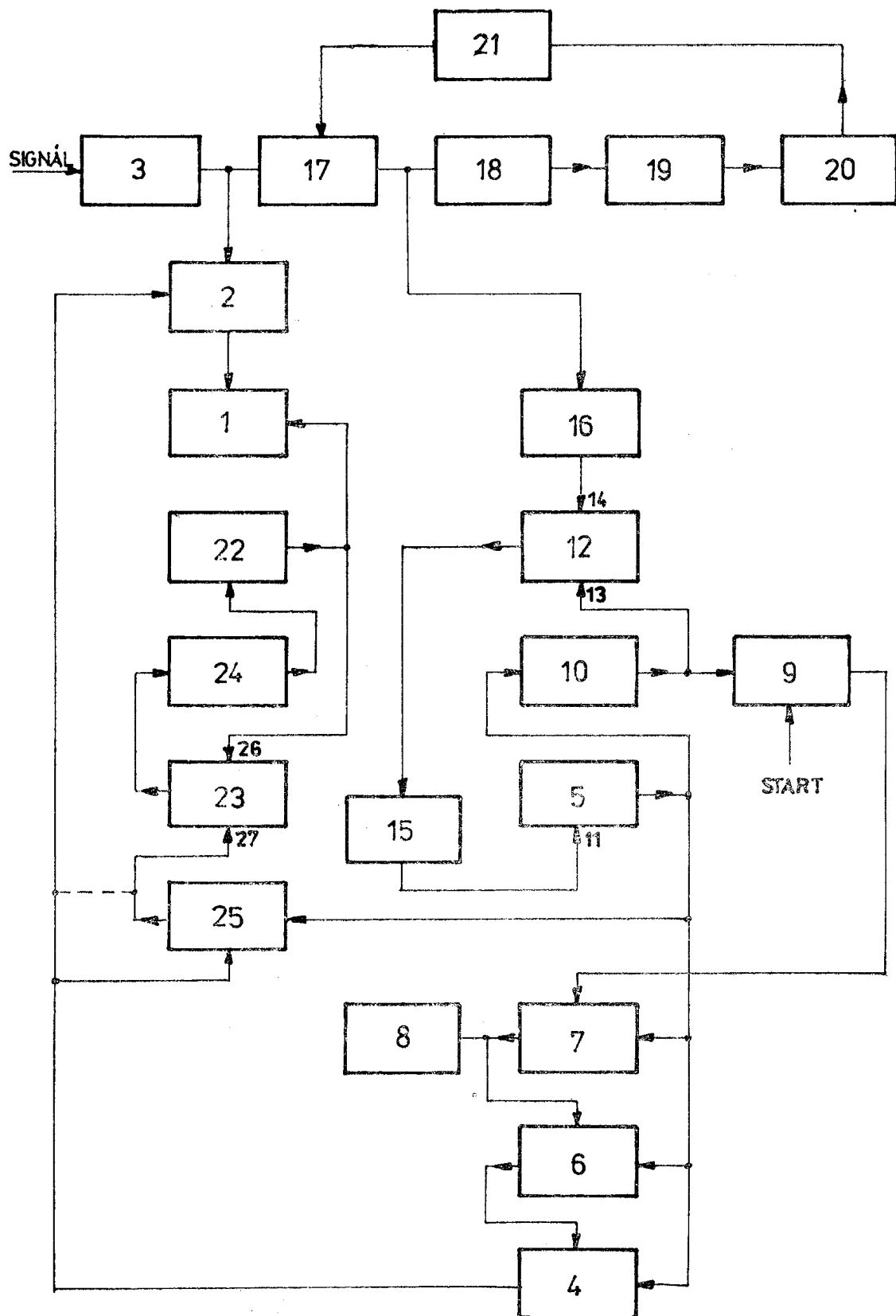
vač (3) je zařazen elektricky říditelný přenosový článek (17), zapojený do zpětnovazebné smyčky se selektivním zesilovačem (18), usměrňovačem (19), odečítacím členem (20) a úrovňovým integračním odchylkovým zesilovačem (21).

3. Zapojení podle bodů 1 a 2, vyznačené tím, že k integračnímu vyhodnocovacímu obvodu (1) je připojen pomocný generátor (22) s elektricky říditelnou dobou kmitu, zapojený současně na prvou vstupní svorku (26) pomocného porovnávacího obvodu (23), se kterým je zpětnovazebně spojen přes pomocný integrační odchylkový zesilovač (24), přitom pomocný porovnávací obvod (23) je druhou vstupní svorkou (27) spojen se vzorkovacím nastavitelným čítačem (4) a/nebo přes pomocný nastavitelný čítač (25) s oscilátorem (5).

2 listy výkresů



Obr. 1



Obr. 2