

21 Sinhrona detekcija («lock-in» detekcija)

21.1 Ozadje

Sinhroni detektor predela harmonski signal v enosmernega, določi torej njegovo amplitudo. Pri sinhroni detekciji gre za poseben način usmerjanja: sistem izloči vse signale s frekvenco, ki je drugačna od referenčne in zato izloči vse moteče signale in pretežni del šuma, rezultat na izhodu pa je le posledica amplitude tiste komponente vhodnega signala, ki ima frekvenco enako referenčni in je z njo še v fazi.

Osnovna bločna shema vezja za sinhrono detekcijo je na sliki 21.1. Vhodni signal, katerega amplituda nas zanima, je označen z X , referenčni signal s frekvenco ω pa je označen s $SYNC$. Levi blok je množilnik, desni pa filter (LP filter, »low-pass« filter), ki prepušča le signale majhnih frekvenc do izhodnega priključka OUT . Naj bo referenčni signal podan z:

$$SYNC = \cos \omega t$$

Kadar je vhodni signal podan z $X = A \cdot \cos \omega t$, lahko za signal W med obema blokoma zapišemo:

$$W = \cos \omega t \cdot A \cdot \cos \omega t = \frac{A}{2} (1 - \cos 2\omega t)$$

Signal je torej sestavljen iz enosmerne komponente, ki jo LP filter prepušča in izmenične komponente s frekvenco, ki je enaka dvakratniku frekvence referenčnega signala. Te komponente LP filter ne prepušča, zato je izhodni signal $OUT = A/2$, torej polovica amplitude opazovanega signala X .

Če je vhodnemu signalu primešana komponenta $X' = B \cdot \cos \omega' t$, katere frekvenca ni enaka frekvenci referenčnega signala $SYNC$, za to komponento pišemo:

$$W' = \cos \omega t \cdot B \cdot \cos \omega' t = \frac{B}{2} (\cos(\omega - \omega')t + \cos(\omega + \omega')t)$$

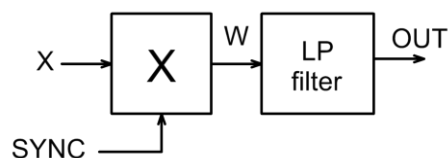
Oba dela signala W sta harmonska in ju LP filter ne prepušča. Komponente vhodnega signala s frekvenco, ki ni enaka frekvenci referenčnega signala torej ne vplivajo na izhodni signal OUT in so izločene; na ta način izločimo vse motnje, ki bi utegnile vplivati na rezultat meritve.

Če je vhodnemu signalu primešana komponenta $x'' = C \cdot \sin \omega t$, katere frekvenca je enaka frekvenci referenčnega signala, a za njim zaostaja za 90 stopinj, lahko zanjo zapišemo:

$$W'' = \cos \omega t \cdot C \cdot \sin \omega t = \frac{C}{2} (\sin 2\omega t - \sin 0)$$

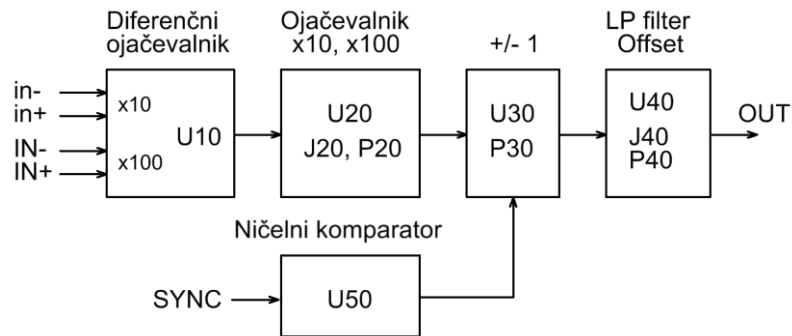
Signal na izhodu množilnika je torej harmonske oblike in ima dvojno frekvenco referenčnega signala, tega pa LP filter izloči. Izhodni signal OUT je zato le posledica amplitude tiste komponente vhodnega signala X , ki ima pravo frekvenco in je z referenčnim signalom v fazi.

Vezje za sinhrono detekcijo s slike 21.1 navadno obogatimo z ojačevalnikom z nastavljivim ojačenjem in vezjem, ki omogoča priključitev merilnega mostiča (diferenčnim ojačevalnikom). Ker je množilnik v analogni tehniki težko dobro narediti, namesto pravega množilnika uporabimo vezje, ki zna množiti le s $+1$ ali -1 ter ničelnim komparatorjem, ki referenčni signal I predela v obliko, primerno za množenje s ± 1 . kompletna bločna shema sistema, ki ga bomo pri vaji uporabili, je na sliki 21.2. Na sliki so označeni tudi elementi blokov, ki omogočajo izbiro ojačenja. Ojačenje vhodnega diferenčnega ojačevalnika izbiramo tako, da merilni mostič (vhodni signal) priključimo med vhoda $in+$ ter $in-$ za ojačenje 10 ali

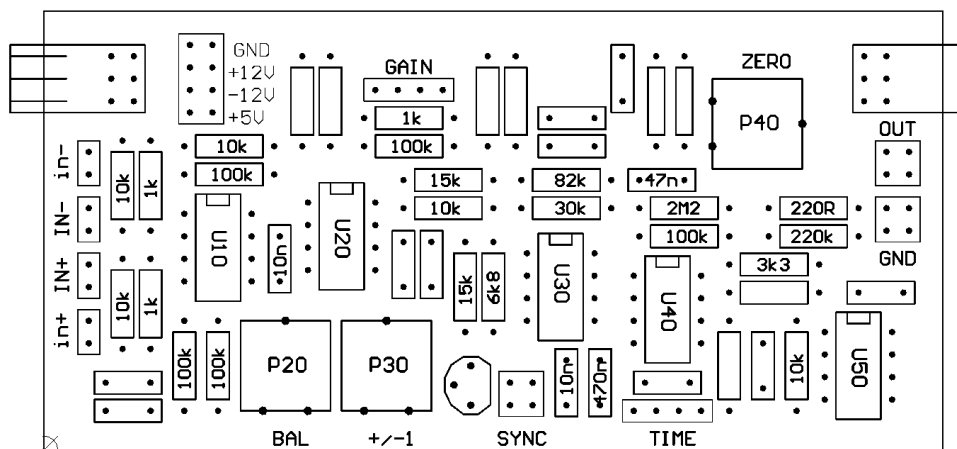


SLIKA 21.1: OSNOVNA BLOČNA SHEMA ZA SINHRONO DETEKCIJO

med vhoda $IN+$ ter $IN-$ za ojačenje 100. Kompletna električna shema sistema je na sliki 21.4. Na sliki 21.3 je tloris tiskanega vezja z elementi sinhronega demodulatorja po bločni shemi 21.2.



SLIKA 21.2: KOMPLETNA BLOČNA SHEMA SINHRONEGA DEMODULATORJA



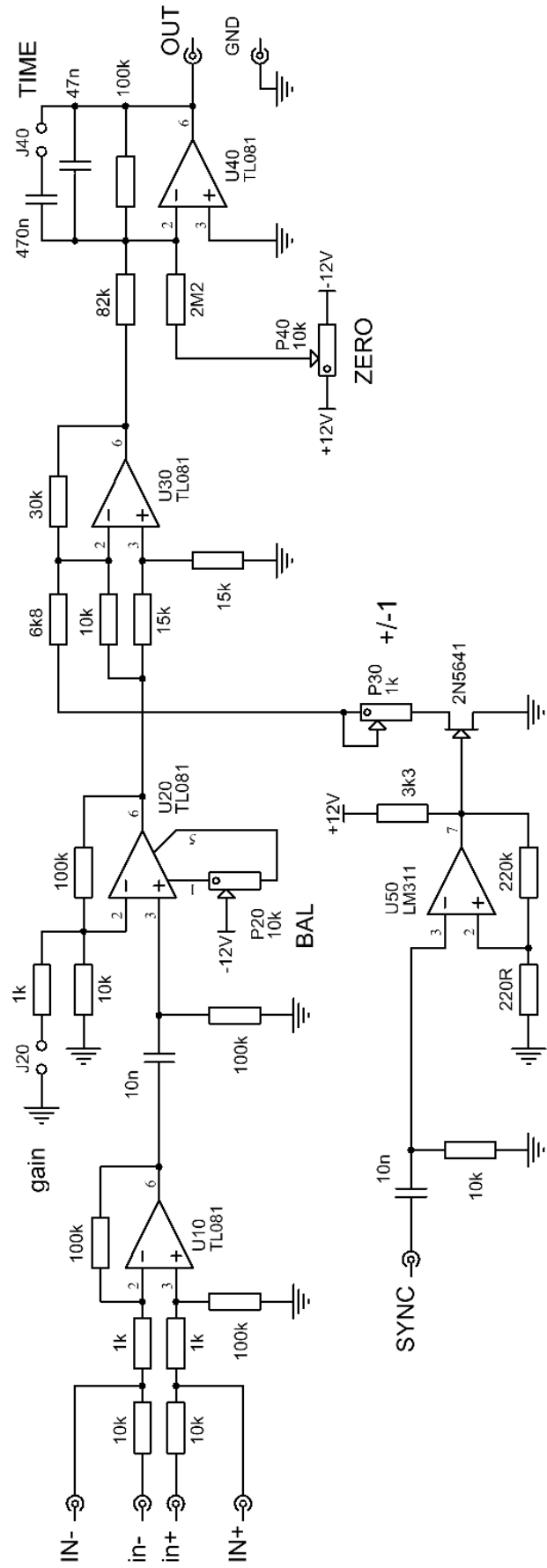
SLIKA 21.3: RAZPORED ELEMENTOV NA PLOŠČICI SISTEMA ZA SINHRONO DEMODULACIJO

21.2 Naloga

21.2.1 Poveži vezje merilnega mostiča (vaja 20) s sistemom za sinhrono demodulacijo s slike 21.3 in ga preskusi

- ✓ Izhodna signala A in B iz merilnega mostiča poveži na vhoda sistema za sinhrono demodulacijo, na merilni mostič priključi harmonsko napajalno napetost s frekvenco 20kHz in amplitudo 5V, isti signal poveži še na vhod SYNC sistema za sinhrono demodulacijo.
- ✓ V merilni mostič vstavi uporovni delilnik napetosti in mostič uravnoteži. To storiš s potenciometroma P1 in P2 medtem, ko opazuješ napetost na izhodu druge stopnje ojačevalnika (čip U20, nožica 6) sinhronega demodulatorja.
- ✓ Preveri, če se amplituda napetosti v opazovani točki spreminja takrat, ko greješ enega od upornikov v merilnem mostiču.
- ✓ Preveri obliko izhodne napetosti stopnje z ojačenjem ± 1 (čip U30, nožica 6); oblika mora ustrezati obliki $|\sin \omega t|$ kadar je vse prav nastavljeno in greješ enega od elementov v merilnem mostiču. Pravo obliko nastaviš s potenciometroma P1 in P2 v mostiču ter s potenciometroma P20 (ofset operacijskega ojačevalnika U20 mora biti čim manjši) in P30 (ojačenje za pozitivne / negativne polperiode opazovanega signala mora biti enako).
- ✓ Preveri izhodno napetost OUT sistema. Ta mora biti gladka in slediti gretju upornika.

- ✓ Občutljivost merilnega sistema lahko prilagodiš z izbiro vhodnih priključkov v sistem in z jahačem J20 («gain»), izhodno napetost pa lahko spraviš na vrednost nič pri uravnoteženem mostiču z vrtenjem potenciometra P40 («zero»).
- ✓ V merilni mostič vstavi merilnik majhnih pomikov (senzor) s tuljavicama in feritnim jedrom.
- ✓ Uravnoteži mostič: najprej z osciloskopom pomeni amplitudi napetosti v vejah A in B merilnega mostiča ter z vrtenjem vijaka postavi feritno jedro v tak položaj, da sta obe amplitudi enaki. Nadaljuj z opazovanjem napetosti na izhodu iz druge ojačevalne stopnje (čip U20, nožica 6) in nastavljanjem potenciometrov P1 in P2 tako, da je signal v opazovani točki čim manjši. Preveri, če se velikost signala spreminja s stiskanjem sensorja.
- ✓ Preveri izhodno napetost ojačevalnika ± 1 , ki mora ustrezati $|\sin \omega t|$. Po potrebi prilagodi položaj potenciometrov, morda celo frekvenco signala na funkcijskem generatorju.
- ✓ Preveri izhodno napetost sistema, ki mora biti gladka, velikost izhodnega signala pa mora slediti stiskanju sensorja. Merilni sistem je zdaj zelo občutljiv. Ob dobri nastavitvi bo verno reagiral, ko na senzor položiš košček papirja velikosti nekaj cm^2 .
- ✓ V merilni mostič lahko vežeš tudi drugačne senzorce, morda par predpripravljenih tiskanih vezij za merjenje upogibov iz vaje 20.



SLIKA 21.4: ELEKTRIČNA SHEMA SISTEMA ZA SINHRONO DEMODULACIJU