



MIKROPROCESORSKO MOTRENJE I ZAŠTITA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA

SAŽETAK

Mikroprocesori nezaustavljivo prodiru u elektroenergetske sustave. Opisano je nekoliko mikroprocesorskih uređaja za automatizirani nadzor (motrenje) i zaštitu energetske transformatora.

Ključne riječi: energetski transformator, mikroprocesor, motrenje, zaštita

MICROPROCESSOR BASED ON-LINE MONITORING AND PROTECTION OF POWER TRANSFORMERS

ABSTRACT

Some microprocessor based devices for on-line monitoring and protection of power transformers are described.

Key words: power transformer, microprocessor, on-line monitoring, protection

1. UVOD

Energetski transformatori su najskuplja pojedinačna oprema elektroprivredne organizacije za prenošenje električne energije. Cilj elektroprivredne organizacije je smanjenje troškova pogona transformatora uz zadovoljavajuću razinu raspoloživosti i kvalitetu električne energije. Jedan od načina postizanja tog cilja jeste proširenje poznatih klasičnih metoda upravljanja, nadzora, zaštite i održavanja transformatora novim metodama, koje omogućuje primjena mikroprocesora.

Mikroprocesor je sklop sastavljen od mnogo elektroničkih komponenata integriranih na maloj poluvodičkoj pločici (čipu), koji služi za obradu **digitalnih signala**. Kako se svaki analogni signal može pretvoriti u odgovarajući digitalni, mikroprocesor je univerzalni sklop za obradu signala (računanje, uspoređivanje, logičko odlučivanje). Osnovni funkcionalni dijelovi mikroprocesora su upravljački sklop, aritmetičko-logički sklop i najnužnija memorija (radni registri) [1] .

Kada se mikroprocesor poveže s ulaznim i izlaznim sklopovima, memorijom za isčitavanje (ROM = Read Only Memory), memorijom s izravnim pristupom (RAM = Random Access Memory), programabilnom memorijom (PROM = Programmable Read Only Memory), pokaznikom, ulazno-izlaznim sklopovima za komunikaciju, pomoćnim sklopovima (generator takta, izvori za napajanje), itd., nastaju sustavi koje nazivamo **mikroročunalo** i **mikrokontroler**. Oni izvršavaju određene zadatke na temelju programa, tj. sljeda instrukcija koji predstavlja određen algoritam. Programi i podaci se čuvaju (pamte) u

memorijama. Uređaji koji sadrže barem jedan mikroprocesor, sklop za komunikaciju, te ulazne i izlazne sklopove, često se nazivaju inteligentni uređaji (**IED** = Intelligent Electronic Device). Tipični primjeri su digitalni releji, programabilni logički kontroleri (PLC), digitalni mjerni instrumenti, itd.

Mikroprocesori su se prvo primjenjivali u digitalnim računalima, da bi danas zbog velikih mogućnosti primjene, prilagodljivosti, malih dimenzija, malog potroška energije i niske cijene, prodrli u sva područja ljudske djelatnosti. Mikroprocesor je osnovni dio digitalnih releja, digitalnih mjernih instrumenata, mikroručunala, mikrokontrolera, telekomunikacijskih uređaja, automatiziranih sustava, itd.

U elektroprivredne organizacije mikroprocesori su prvi puta ušli u sklopu sustava za daljinsko vođenje (SCADA = Supervisory Control And Data Acquisition). Danas postupno prodiru na niže razine elektroenergetskog sustava, pa sve češće postaju dio sekundarne opreme, tj. sklopova za zaštitu, upravljanje, nadzor i dijagnostiku pojedinih objekata. Kako mikroprocesorski sklopovi u pravilu integriraju više funkcija, gube se granice između sklopova za zaštitu, upravljanje i nadzor. Osim toga, primjena mikroprocesora znatno pojednostavljuje automatizaciju procesa.

Sustavi za automatizirani nadzor transformatora u pogonu zovu se **sustavi za motrenje** (engl. on-line monitoring systems). Njihov je zadatak da mjere relevantne pogonske veličine transformatora i njegovih dijelova, da provjeravaju radna stanja transformatorske opreme, da analiziraju, vrednuju i interpretiraju sakupljene podatke, da upozoravaju na nenormalnosti i trendove, da procjenjuju stanje transformatora i opreme, te da operaterima pomažu informacijama i savjetima pri donošenju odluka. Cilj primjene sustava za motrenje je bolje korištenje kapaciteta opreme, smanjenje broja kvarova, smanjenje troškova održavanja i produljenje vijeka trajanja opreme.

Izbor sustava za motrenje je vrlo velik i kreće se od sustava koji prate samo određeni parametar (slično kao npr. klasični kontaktni termometar koji mjeri temperaturu ulja u najvišem sloju i upozorava da je temperatura viša od postavljene granične vrijednosti), pa do složenih i skupih uređaja s **ekspertnim podsustavom** (programskim paketom koji oponaša rad eksperta). Sustavi za motrenje s ekspertnim podsustavom nadziru odabrane ili sve relevantne parametre transformatora, te na temelju sakupljenih podataka i dijagnoze s pomoću ugrađenih ekspertnih znanja i algoritama rano upozoravaju operatera na nadolazeće probleme i preporučuju optimalno vođenje pogona transformatora.

Osnovna blok shema sustava za motrenje je prikazana na slici 1. Analogni ulazni signali (struja, napon, temperatura, itd.) mjernim se pretvornicima (mjerni transformatori, otpornički termometri, itd.) pretvaraju u električne signale. Oni prolaze kroz sklop za zaštitu (npr. od prenapona), sklop za galvansko odvajanje (ako je potrebno) i sklop za prilagodbu na razinu napona prikladnu za daljnu obradu. Elektroničkom preklopkom (multiplexer-om) pojedini se ulazi redom preklapaju na jedan izlaz, tj. na ulaz analogno digitalnog pretvornika. U analogno digitalnom pretvorniku analogni signali se digitaliziraju, tj. pretvaraju u digitalne signale (kvantiziraju po vremenu i amplitudi, te kodiraju u digitalne riječi).

Binarni signali (npr. radna stanja kontakata ili uređaja: ukopčan ili iskopčan) prolaze samo kroz sklopove za zaštitu, galvansko odvajanje i prilagodbu razine.

Tako pripremljeni digitalni signali ulaze u mikroprocesor gdje se, s pomoću ostalih sklopova (generatora takta, ROM, RAM, EEPROM = Electronically Erasable Programmable Read Only Memory, itd.), obrađuju prema algoritmu programa. Osim toga, mikroprocesor upravlja radom pojedinih sklopova (npr. elektroničkom preklopkom, analogno digitalnim pretvornikom, prilagodnikom, mjernim pretvornikom) i usklađuje rad cijelog sustava za motrenje (radi preglednosti spojevi za upravljanje nisu nacrtani na slici).

Izlaza može biti više. Jedan od njih je pokaznik, koji pokazuje mjerne rezultate i rezultate obrade. Osim njega mogu postojati i izlazi za upravljanje vanjskim uređajima (npr. ukapčanje signala za uzbuđivanje, ili ukapčanje i iskapčanje ventilatora i pumpi rashladnog sustava). Neizostavni dio sustava za motrenje je izlazno-ulazni sklop za komunikaciju, koji povezuje sustav za motrenje s lokalnim računalom ili s centralom za daljinsko vođenje. Ako se komunikacija s centrom za daljinsko vođenje ostvaruje putem analogne telefonske mreže, onda su na oba kraja veze potrebni modemi.

U članku je opisano nekoliko jednostavnijih mikroprocesorskih sustava za motrenje po izboru autora.

2. DIGITALNA TERMOSLIKA

Temperatura je osnovni čimbenik koji određuje brzinu starenja uljno-papirne izolacije energetskih transformatora. **Termoslika** je simulator temperature najtoplijeg mjesta namota transformatora [2] . Ža sada je ona još uvijek najbolja i najpouzdanija zaštita energetskog transformatora od pregrijavanja i prebrzog trošenja vijeka trajanja.

Suvremena težnja k optimalnom korištenju transformatora (koja uključuje i planirana preopterećenja) može se ostvariti motrenjem temperature najtoplije točke namota koje treba biti točnije nego do sada kako bi trošenje vijeka trajanja transformatora bilo poznato i kontrolirano.

“Trafo Guard” (TG) proizvođača AKM [3] je primjer uređaja koji zadovoljava suvremene zahtjeve. TG je mikroprocesorski uređaj koji nije samo digitalna termoslika, nego višefunkcionalni uređaj za motrenje i zaštitu transformatora, te upravljanje rashladnim sustavom transformatora. TG mjeri temperaturu ulja u najvišem sloju s pomoću Pt-100 mjernog pretvornika postavljenog u džep na poklopcu transformatora i struje kroz do tri namota s pomoću strujnih transformatora.

Na temelju tih ulaznih podataka TG simulira temperature najtoplije točke do tri namota, upravlja rashladnim sustavom, uzbunjuje i isklapa transformator s pomoću releja koji se ukapčaju pri podešenim temperaturama ulja i najtoplije točke namota.

Osim toga, TG mjeri razine ulja u konzervatoru transformatora i konzervatoru regulacijske preklopke, uzbunjuje pri premaloj i prevelikoj razini ulja u konzervatorima, te računa potrošeni vijek trajanja izolacije transformatora (prema IEC 354).

Na prednjoj ploči je digitalni pokaznik s izbornikom i LED (Light Emitted Diode) pokaznik koji pokazuje radna stanja releja. Nadzor nabrojanih funkcija, kao i promjene podešenih vrijednosti parametara, moguće su lokalno, ili lokalno i daljinski s pomoću ugrađenog serijskog RS 232 sučelja i računala (PC).

Osim toga, TG zapisuje (pamti) najvišu temperaturu ulja, najviše temperature najtoplije točke do tri namota i najveće struje (u razdoblju od posljednjeg resetiranja), te datum i vrijeme kada su te vrijednosti bile postignute.

TG objedinjuje funkcije, odnosno zamjenjuje:

- jedan kontaktni termometar s četiri releja,
- tri termoslike s ukupno četiri releja,
- dva pokazivača razine ulja s ukupno dva releja (min. i max.),
- četiri digitalno analogna pretvornika za analogne pokaznike (npr. 4 mA do 20 mA),
- ukupno deset vremenskih releja,
- kalkulator potrošenog vijeka trajanja papirne izolacije namota transformatora.

Sve je to smješteno u kutiju dimenzija 483 mm × 133 mm × 298 mm, a masa ne prelazi 3 kg.

Proizvođač deklarira “točnost” (granične pogreške) [3] :

- mjerenja temperature ulja u najvišem sloju ± 1 °C,
- simuliranja temperature najtoplije točke namota ± 2 °C,
- mjerenja razine ulja ± 1 % (u odnosu na najvišu razinu iskazanu kao 100 %).

Jedan primjerak TG-a smo ispitali u Končar – Institutu za elektrotehniku. Primjerak je funkcionalno zadovoljio, ali su pogreške mjerenja temperature ulja bile veće od deklariranih graničnih pogrešaka. Međutim, uređaj se lako recalibrira s pomoću etalona otpora. Iako nije ispitan imunitet na vanjske smetnje, uređaj je ostavio dobar dojam.

Zbog mjerenja temperature ulja termootpornikom Pt-100, mjerenje temperature je (uz uvjet dobre kalibracije) točnije od mjerenja temperature klasičnim kapilarnim termometrom. I simulacija zagrijanja namota prema ulju, zbog fleksibilnosti ugrađenog matematičkog modela zagrijanja najtoplije točke namota, može biti komparativno točnija. Međutim, točnost pokazivanja temperature najtoplije točke ovisi još o točnosti matematičkog modela kao i točnosti podešenih parametara, te je realno daleko lošija od deklariranih ± 2 °C. Nedostak ugrađenog matematičkog modela je taj, što se niti vremenske konstante niti eksponenti namota ne mogu podesiti za svaki namot posebno.

Prednost TG-a u odnosu na klasične analogne termoslike leži u činjenici da se točnost simulacije može povećati zahvaljujući mogućnostima podešavanja parametara matematičkog modela na temelju izravnih mjerenja temperature najtoplije točke namota u transformator ugrađenim svjetlovodnim termometrima. Druga značajna prednost TG-a je mogućnost jednostavne integracije s modernim digitalnim sustavima za upravljanje, mjerenje, motrenje i zaštitu transformatora.

3. DIGITALNI PLINOMJERI

Većina grešaka u transformatoru (parcijalna izbijanja, električni luk i pregrijanja) uzrokuje plinovite produkte degradacije papira i ulja koji se djelomično otapaju u transformatorskom ulju. Količina i sastav plinova ovise o vrsti greške. Velike greške (velike energije) proizvode velike količine plinova u kratkom vremenu, dok manje greške uzrokuju sporo razvijanje plinova. Svi se plinovi brže ili sporije, te više ili manje otapaju u ulju.

Analiza **plinova otopljenih u ulju** omogućuje otkrivanje manjih unutarnjih grešaka i sporo razvijajućih grešaka u samom početku nastanka. Bitna informacija o sigurnosti pogona transformatora nije sadržana u apsolutnim vrijednostima pojedinih plinova, nego u **promjeni brzine** stvaranja plinova. Zato se pouzdana dijagnoza postiže na temelju redovitih (periodičkih) kromatografskih analiza plinova

otopljenih u ulju. Vremenski intervali između analiza ovise o važnosti transformatora, starosti i stanju izolacije. Kromatografske analize plinova otopljenih u ulju rade se od svaka 3 mjeseca (kod važnih velikih generatorskih transformatora), pa do svake 2 godine (kod manje opterećenih transformatora u prijenosnoj mreži) [4] .

Međutim, greška može nastati u vremenu između dvije analize i razviti se u kvar. Da bi se premostilo to vremensko razdoblje neizvjesnosti i smanjio broj iznenadnih ispada transformatora, razvijeni su uređaji za neprekidno mjerenje količine plinova otopljenih u ulju.

Budući da bi mjerenje svih 9 plinova koji se normalno analiziraju klasičnom kromatografskom analizom [5] bilo preskupo, trebalo je odabrati jedan ili više **ključnih plinova** koji bi se neprekidno pratili.

Nagli porast sadržaja vodika u ulju u pravilu je naznaka nastanka unutarnje greške. Praćenje količine vodika u ulju može rano upozoriti operatera na potencijalne probleme i potrebu detaljnije kromatografske analize, a zatim i drugih metoda dijagnostike.

Za pregrijavanje papira je karakteristično razvijanje ugljičnog monoksida.

Voda je produkt starenja papira i ubrzava starenje. Voda može ući u transformator i zbog greške u sustavu za disanje transformatora. U većim količinama, voda otopljena u ulju je opasna, jer smanjuje probojnu čvrstoću izolacijskog sustava.

Kod grešaka veće energije (burne reakcije) **dio plinova se ne stigne otopiti**. Taj neotopljeni dio plinova uzgon tjera prema površini. Rad Buchholz-releja se temelji upravo na tom neotopljenom dijelu plinova.

3.1 Hydran 201i sustav

Ovaj sustav za motrenje je razvijen u istraživačkom institutu Hydro-Quebec-a (IREQ), a komercijalizacija i daljni razvoj prepušteni su Syprotec-u.

Sustav se sastoji od mikroprocesorskog mjernog uređaja i kontrolera za komunikaciju, koji može nadzirati rad do četiri mjerna uređaja. Sustav može raditi i bez kontrolera za komunikaciju [6] .

Mjerni uređaj je osjetljiv na četiri plina **otopljena u ulju**: vodik (H_2), ugljični monoksid (CO), acetilen (C_2H_2) i etilen (C_2H_4). S pomoću selektivno propusne membrane, koja je u doticaju s uljem, uređaj kontinuirano mjeri smjesu ta četiri plina. Pokaznik pokazuje **sumu** relativnih volumena plinova u odnosu na volumen ulja, koja je zbog različite propusnosti membrane za pojedine plinove jednaka: $1,000 V_f (H_2) + 0,180 V_f (CO) + 0,080 V_f (C_2 H_2) + 0,015 V_f (C_2H_4)$. Mjerni domet je 2000 ppm ($\mu l/l$), a granične pogreške $\pm (10 \% + 25 \text{ ppm})$. Osim digitalnog, ima i analogni izlaz (0 mA do 1 mA, ili 4 mA do 20 mA). Komunikacija se ostvaruje s pomoću ugrađenog RS 232 serijskog sučelja.

Uređaj daje podatke o razini sume plinova, trendu po satu i danu, alarmima, arhivira podatke, te periodički ispituje ispravnost mjernog sustava i mjerenja.

Mjerni uređaj se relativno jednostavno instalira na transformator s pomoću priključnih adaptera, pri čemu treba posebno paziti da se membrana mjernog pretvornika postavi u glavnu struju ulja.

3.2 AMS 500 Plus

AMS 500 Plus je mikroprocesorski uređaj, proizvođača Morgan Schaffer, za mjerenje vodika i vode **otopljenih u ulju** [7] . Mjerni domet je 5000 ppm, a granične pogreške $\pm 2 \%$. Na digitalnom pokazniku s izbornikom mogu se očitati relativni volumeni vodika i vode, te datum i vrijeme. Podaci se arhiviraju u memoriji (250 zadnjih očitavanja). Izlazno-ulazni sklop za komunikaciju je serijski RS 232. S pomoću računala se može promatrati trend porasta mjerenih veličina, pregledavati datoteke prošlih mjerenja, podešavati razine za uzbunjivanje i recalibrirati mjerne pretvornike. Kao dodatak se može ugraditi analogni izlaz (0 mA do 1 mA, ili 4 mA do 20 mA).

Nagli porast vodika upućuje na grešku, a povećana količina vode na potrebu sušenja izolacije.

Instalacija uređaja je jednostavna i može se obaviti za približno 2 sata. Cirkulaciju ulja kroz mjerne pretvornike osigurava mala uljna pumpa. Očekivani vijek trajanja uređaja jednak je vijeku trajanja transformatora [7] .

3.3 Digitalni Buchholz-relej

Zaštita klasičnim mehaničkim Buchholz-relejom (BR) temelji se na plinovima koji nisu otopljeni u ulju. U ulju **neotopljeni plinovi** skupljaju se u BR-u koji je smješten u cjevovodu između kotla transformatora i konzervatora. Plinovi potiskuju ulje iz BR-a i kod određene razine ulja s pomoću plovka

aktiviraju kontakte za uzbunjivanje. Zbog svog integracijskog djelovanja BR je relativno neosjetljiv, jer reagira tek nakon približno 200 ml sakupljenog plina. Osim toga, BR ne može razlikovati velike greške od manjih. Naime, informacija o veličini kvara sadržana je u **brzini stvaranja plinova**.

Na tim spoznajama zasnovana je ideja digitalnog BR, ili elektroničkog, kako ga proizvođač Messko naziva [8]. Digitalnim BR-om se s pomoću kondenzatorskog mjernog pretvornika mjeri volumen plinova u kratkim vremenskim razmacima. Na temelju izmjerenih vrijednosti mikrokontrolerom se računa brzina stvaranja plinova. Nakon što se mjerna komora ispuní plinom (250 ml), plin se iz nje automatski (mikrokontroler) ispušta, kako bi se proces mjerenja mogao nastaviti. Ciklusi se broje, pa se tako mjeri i ukupna količina plina od početka rada transformatora (ili priključenja DBR-a). Na taj je način znatno povećana osjetljivost i ujedno ostvarena mogućnost vrednovanja ozbiljnosti grešaka. Npr., ako se u transformatoru pojavila greška koja stvara 25 ml plina po danu, klasični BR bi reagirao nakon 8 dana, dok bi DBR (osjetljivosti 1 ml) reagirao već nakon približno jednog sata.

Digitalni BR sastoji se od dva dijela: mjernog uređaja i mikrokontrolera. Mjerni uređaj se jednostavno priključuje na klasični Buchholz-relej s pomoću adaptera, ili se instalira umjesto klasičnog BR-a. Mikrokontroler upravlja procesom mjerenja. U dijelu s mikrokontrolerom je pokaznik s izbornikom, koji pokazuje brzinu razvijanja plinova u ml/min, trenutnu količinu plina u mjernoj komori i ukupnu količinu plinova u ml, datum, vrijeme i temperaturu ulja. LED pokaznik pokazuje radna stanja izlaznih releja za uzbunjivanje i isklon pri prijelazu programabilnih graničnih vrijednosti brzine razvijanja plinova, ukupne količine plinova i preniske razine ulja u konzervatoru. U memoriji se pamti 1000 kompletnih mjerenja. Uređaj ima i analogni izlaz (4 mA do 20 mA). Ulazno-izlazna komunikacija se ostvaruje s pomoću RS 485 serijskog sučelja. Minimalna osjetljivost je 0,5 ml/min, a točnost nije navedena.

4. RAZLOZI ZA PRIMJENU MIKROPROCESORSKE OPREME

Oprema s mikroprocesorima se zbog modularne strukture i određivanja funkcija modula s pomoću programa, te malih dimenzija i malog potroška energije, vrlo lako prilagođava raznim uvjetima i funkcijama. Zato može jednostavno i brzo zamijeniti klasičnu opremu.

Pri dogradnji, ili gradnji novih objekata, mogu se iskoristiti sve prednosti koje oprema s mikroprocesorima pruža:

- jednostavnije projektiranje, dokumentiranje i ugradnja,
- jednostavnija integracija u postojeći SCADA sustav,
- integracija više funkcija u jedan uređaj,
- smanjenje ožičenja
- male dimenzije i masa,
- mali potrošak energije,
- smanjeni zahtjevi na snagu signala (omogućuje primjenu novih mjernih pretvornika kao npr. Rogowski svitka za mjerenje struje, ili kondenzatorskog i otporničkog djelila za mjerenje napona),
- samonadzor i samodijagnostika (povećava pouzdanost i smanjuje troškove održavanja),
- mogućnost pamćenja (zapisivanja) događaja i poremećaja,
- sklopovi za komunikaciju su sastavni dijelovi mikroprocesorskih uređaja (oni uz lokalno upravljanje omogućuju i daljinski prijenos signala u centralu, te podešavanje i mijenjanje vrijednosti parametara iz centrale),
- mogućnost uspoređivanja mjerenih vrijednosti s računskim (na temelju matematičkog modela), što omogućuje rano otkrivanje neispravnog rada određenog dijela sustava - prije izbijanja većeg kvara,
- fleksibilnost, mogućnost izmjene i dodavanja novih funkcija, te laka promjena parametara, jer se promjene izvode programski (softver-ski), a ne kao kod analognih uređaja izmjenom sklopova i spojeva (hardver-a).

Uvođenje digitalne opreme u elektroenergetske sustave trend je u većini elektroprivrednih organizacija u svijetu.

Prema zaključku u [9] primjena je digitalne opreme u sekundarnim sustavima (lokalni i daljinski nadzor, upravljanje, zaštita i mjerenje) i kod nas neupitna.

Prema tome, prilikom revitalizacije sekundarne opreme (zamjene ili proširenja zastarjele opreme), čiji je vijek trajanja ionako upola kraći od vijeka trajanja primarne opreme, treba ozbiljno razmotriti ugradnju mikroprocesorske opreme prema temeljnim postavkama u [9]. Što je po sebi razumljivo da se to odnosi i na nove objekte.

5. ZAKLJUČAK

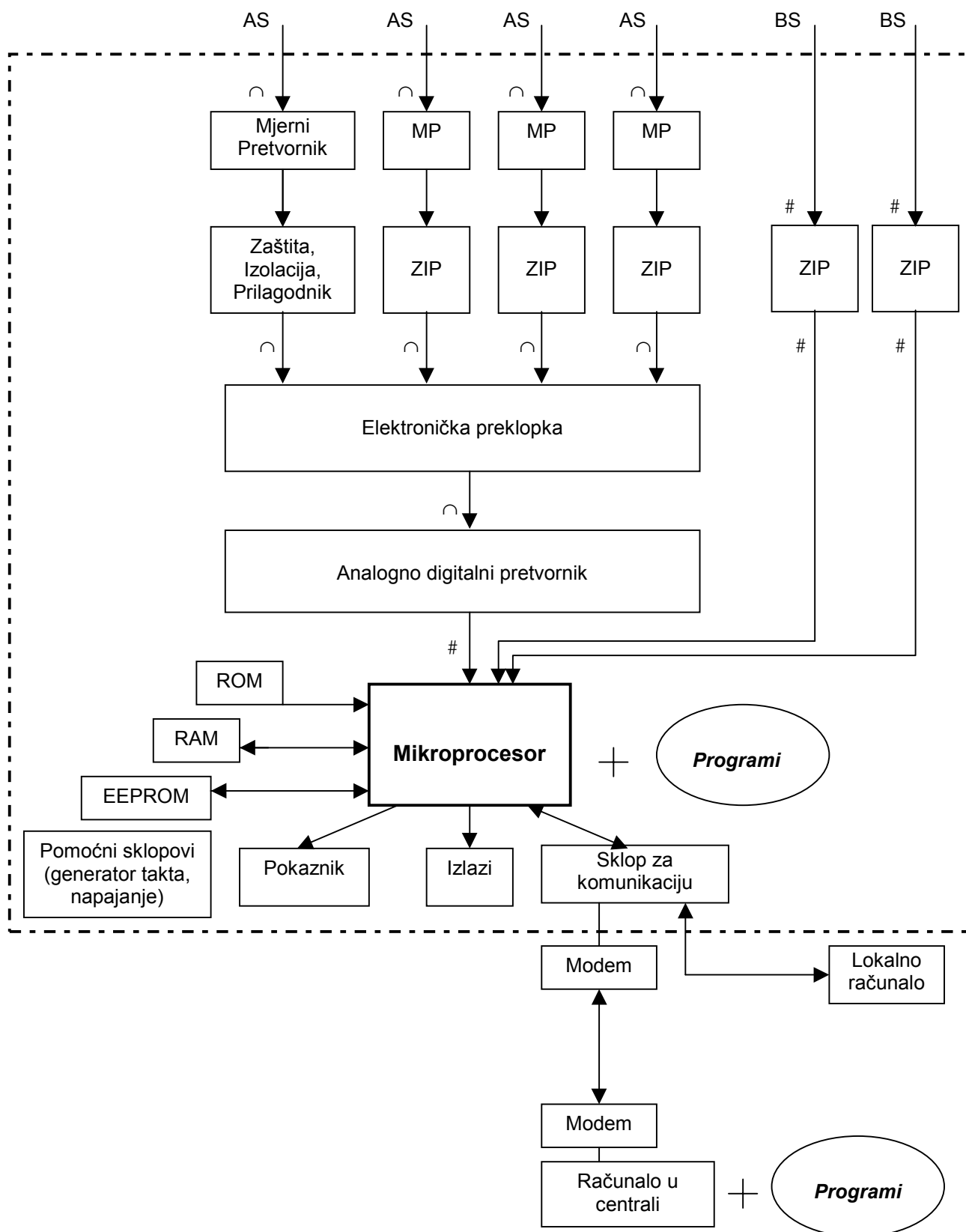
U bliskoj budućnosti tržišni će uvjeti vrlo vjerojatno prisiliti elektroprivredne organizacije da optereće svoje elektroenergetske sustave do nazivnih vrijednosti (i preko njih), pa će se odluke operatera morati temeljiti na točnim i aktualnim (real-time) informacijama o stanju i opteretivosti elektroenergetskog sustava i objekata. Takve informacije dobivat će od modernih mikroprocesorskih sustava za motrenje, koji će rano upozoravati na potencijalne probleme, predlagati optimalna rješenja za aktualne probleme i omogućavati jeftinije održavanje na temelju stanja, a ne unaprijed planiranih vremenskih intervala.

Izbor mikroprocesorske opreme treba prilagoditi potrebama i mogućnostima, a na temelju analize važnosti transformatora, njegovog stanja i starosti, uvjeta pogona, učestalosti pojedinih kvarova, itd. Troškove uvođenja nove opreme treba uspoređivati s troškovima koji bi nastali kvarom razmatranog transformatora, a mogli bi se izbjeći ili smanjiti primjenom nove opreme.

Poželjno je u početku mikroprocesorskom opremom zamijenjivati ili dopunjavati pojedinu klasičnu opremu radi stjecanja iskustva i povjerenja, jer svaka promjena traži ekperimentalnu provjeru. Digitalna termoslika TG se može preporučiti za transformatore koji su jako opterećeni, digitalni Buchholz-relej bi bilo vrijedno provjeriti u praksi, dok je zbog velike ponude raznovrsnih uređaja za motrenje plinova otpoljenih u ulju vrlo teško preporučiti određeni uređaj.

LITERATURA

- [1] Ribarić, S.: Arhitektura mikroprocesora, Tehnička knjiga, Zagreb, 1990.
- [2] Godec, Z.: Zaštita uljnih energetskih transformatora termoslikom, Energija 42(1993)6, 371-375
- [3] Bulletin TG 5 (1997.): Trafo Guard for power transformers, AKM, AB Kihlströms Manometerfabrik, Stockholm
- [4] Ritter, K.: Gasschnüffler im Öl, EET 2/1991, 86-87
- [5] IEC 567 (1992): Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases.
- [6] Hydran 201i System, technical specifications, Syprotec Inc., Pointe-Claire
- [7] AMS 500 Plus, dissolved hydrogen and water monitor, Morgan Schaffer Systems, Montreal
- [8] Elektronisches Buchholzrelais, Februar 1998., Messko, Albert Hauser GmbH, Oberursel
- [9] Baranović, N., i dr.: Revitalizacija sustava zaštite, upravljanja, mjerenja i telekomunikacija, HK CIGRE, Cavtat, listopad 1998.



Slika 1. Blok shema mikroprocesorskog sustava za motrenje