

DISTRIBUCIJSKA MREŽA KAO KOMUNIKACIJSKI KANAL

mr. sc. Zdravko Lipoščak, dipl. ing. el.

mr.sc. Ivica Hadjina, dipl. ing. el.

Petar Rašić, mag. ing. el.

Marko Lihter, mag.ing.inf.et.comm.techn.

Marko Mamić, mag. ing.el.

HEP ODS d.o.o.

DISTRIBUCIJSKA MREŽA

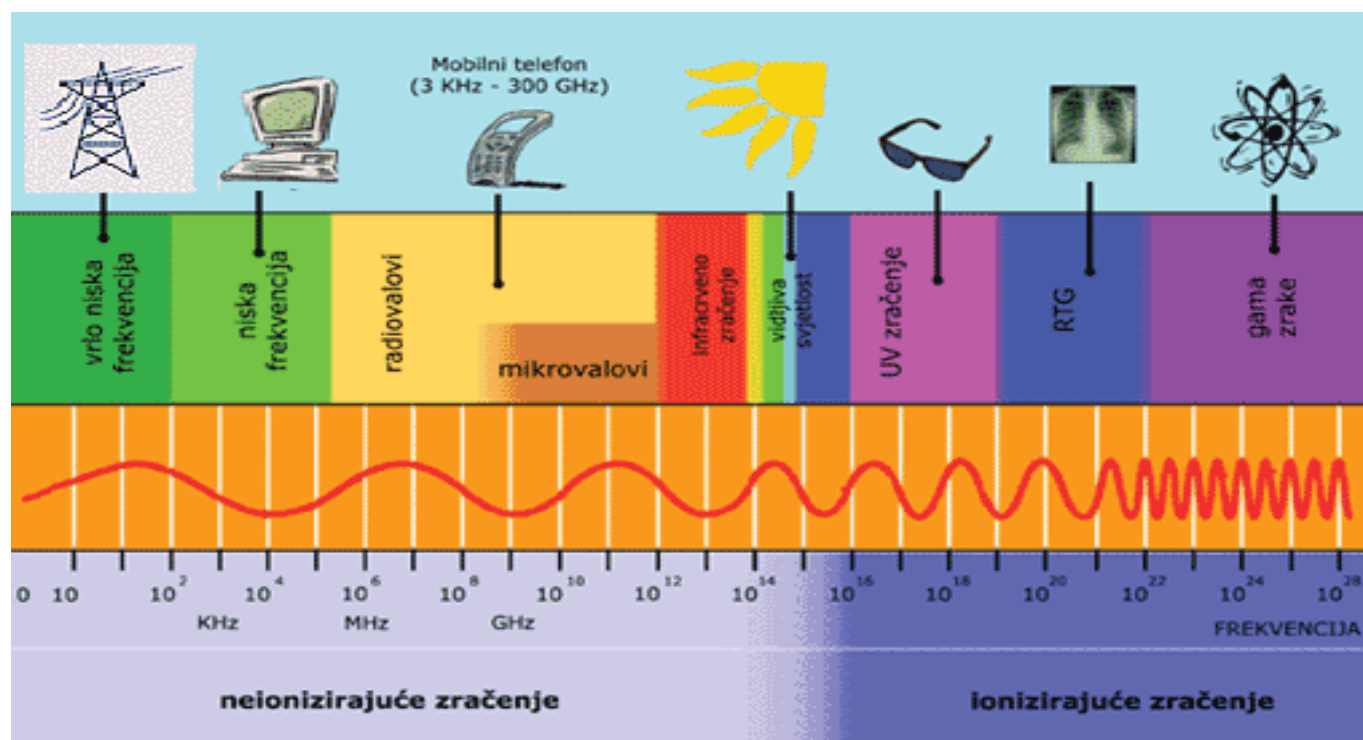
Elektroenergetska mreža za distribuciju električne energije ima primarni zadatak opskrbe električnom energijom krajnjih korisnika mreže. Cijeli dizajn distribucijske mreže, prostorno rasprostiranje, način pogona i vođenja, namijenjen je izvršenju primarnog zadatka.

Distribucijska mreža dizajnirana je za prijenos stabilne sinusoide mrežnog napona frekvencije 50 Hz i stabilne razine nazivnog napona koji se dijeli na srednji napon 10 kV, 20 kV, 35(30) kV i niski napon 230/400 V.



KOMUNIKACIJSKA MREŽA

Komunikacijske mreže dizajniraju se u pravilu za prijenos više frekvencija signala, optimiziraju se za određeni raspon frekvencija ili frekvencijsko područje. Za razliku od stabilne sinusoide u elektroenergetskoj mreži, sinusoida signala u komunikacijskoj mreži „izobličuje“ se kodiranjem za potrebe prijenosa podataka te se ovisno o vrsti kodiranja mijenja razina amplitude, frekvencija te fazni pomak.



Frekvencijska područja se dijele od ekstremno niskih frekvencija (od 3 Hz do 30 Hz), do ekstremno visokih frekvencija (od 30 GHz do 300 GHz), naponi amplituda od μV do kV te snage od nekoliko μW do nekoliko MW.

KOMUNIKACIJA PUTEM DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Osnovna ideja komunikacije putem energetskih vodova (PLC - Power Line Communication) je korištenje postojeće infrastrukture energetskih vodova za prijenos podataka čime se izbjegavaju troškovi postavljanja namjenskih komunikacijskih vodova.

Komuniciranje na malim brzinama (<30 kb/s) u frekvencijskom pojasu 3 – 95 kHz (CENELEC A), za primjene kao što su daljinsko očitavanje brojila i automatizacija mreže, koristi se već više od dvadesetak godina.

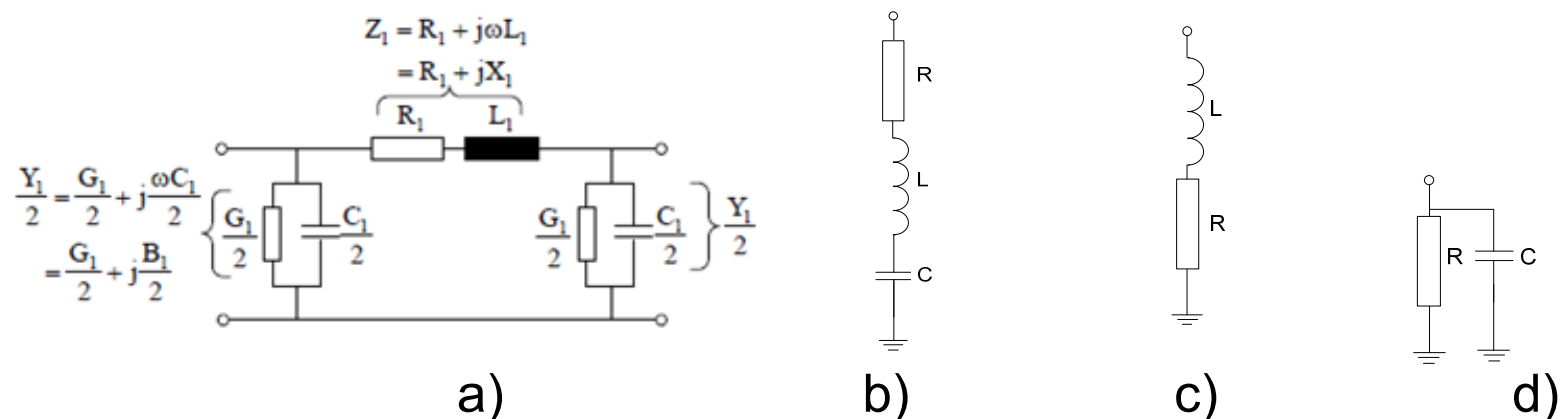
Današnje PLC tehnologije s poboljšanim kodiranjem signala dostižu u ovom pojasu brzine 46,0 kb/s (G3 PLC) i 61,4 kb/s (PRIME PLC).

PLC tehnologija omogućava transformaciju energetske mreže u informacijsku podatkovnu mrežu.



KOMUNIKACIJSKA ILI PRIJENOSNA SVOJSTVA DISTRIBUCIJSKE NISKONAPONSKE ENERGETSKE MREŽE

Za proračun širenja komunikacijskih signala u pravilu se koristi nadomjesna shema mreže koja uvažava frekvencijsku ovisnost realnih i imaginarnih dijelova impedancije pojedinih elemenata mreže.



Nadomjesne sheme: a) π -shema voda distribucijskog NN voda, b) kondenzatorskih baterija, c) induktivnog opterećenja, d) kapacitivnog opterećenje

PARAMETRI KOMUNIKACIJSKOG VODA

Konstanta prostiranja signala po vodu γ $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$, [1/km]

Realni dio konstante prostiranja γ predstavlja konstantu gušenja signala α ,
 Imaginarni dio predstavlja konstantu promjene faze β .

Brzina prijenosa signala po vodu $v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi f}{\beta}$, [km/s]

Valna ili karakteristična impedancija $Z_k = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$, [Ω]

Faktor refleksije $r = \frac{Z - Z_k}{Z + Z_k}$

Indeks kvalitete komunikacijskog kanala $LQI = N + \alpha$, [dB]

Kapacitet prijenosa informacije komunikacijskim kanalom $C = B * \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$, $\left[\frac{\text{bit}}{\text{s}} \right]$

VRIJEDNOSTI PRIJENOSNIH PARAMETARA DISTRIBUCIJSKE NISKONAPONSKE MREŽE

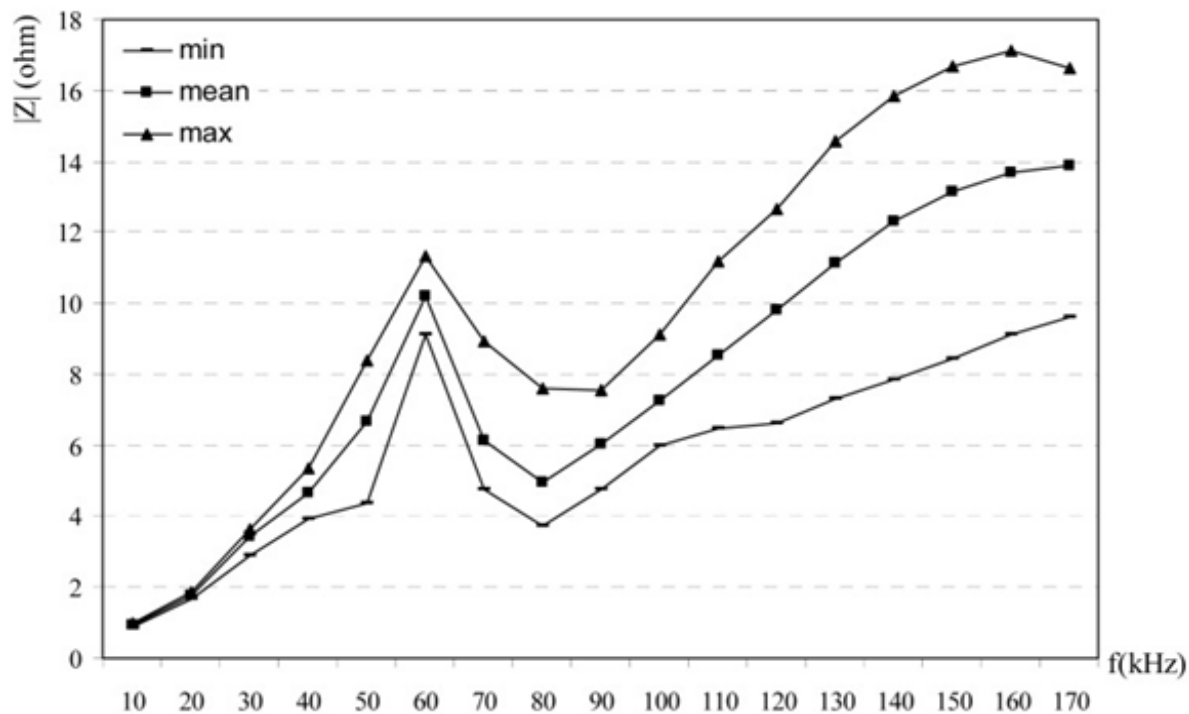
Presjek SKS-a [mm ²]	Radni otpor [Ω/km]	Induktivni otpor* [Ω/km]	Induktivitet [mH/km]
4x16	1,91	0,087	0,277
3x25+71,5	1,2	0,085	0,271
3x35+71,5	0,868	0,083	0,264
3x50+71,5	0,641	0,081	0,258
3x70+71,5	0,443	0,077	0,245

* za $f = 50 \text{ Hz}$

Prim. za SKS vod presjeka 3x70+71,5 otpor vodova iznosi 0,443 Ω/km, vlastiti induktivitet voda od oko 0,245 mH/km, a vlastiti kapacitet oko 51,4 nF/km (izračun). Karakteristična impedancija ovog voda kod viših frekvencija približno iznosi 69 Ω.

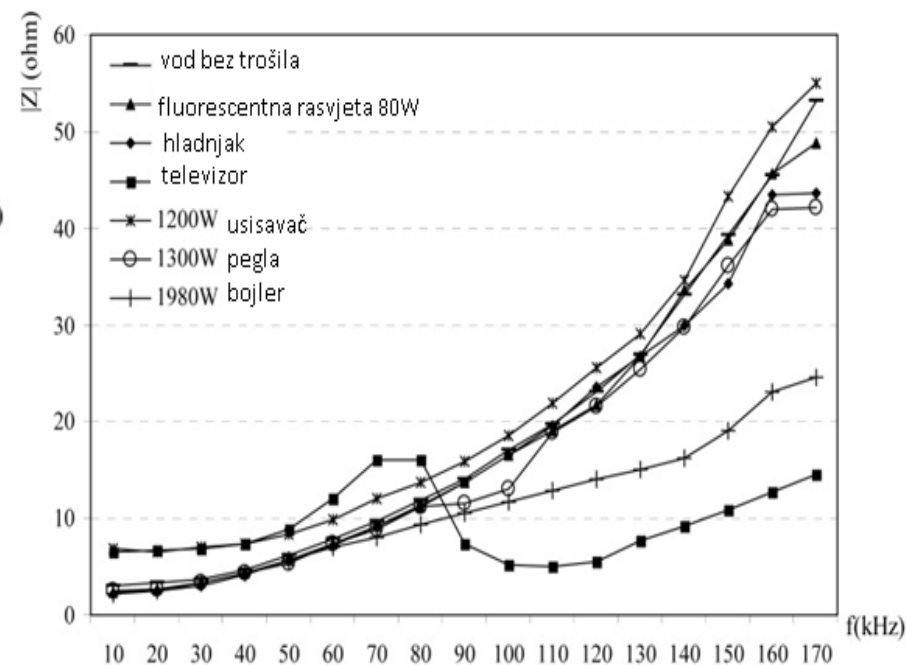
Primjenom Shannon-ovog teorema na distribucijski vod sa srednjim dozvoljenim razinama šuma i srednjim dozvoljenim razinama PLC signala u skladu s normom HRN EN 50065-1, daje u frekvencijskom pojasu CENELEC A od 3 kHz do 95 kHz teoretsku maksimalnu brzinu prijenosa informacije od oko 479 kbit/s.

OVISNOST IMPEDANCIJE VODA O FREKVENCiji



Primjer ovisnosti impedancije voda niskonaponske mreže o frekvenciji za urbano područje

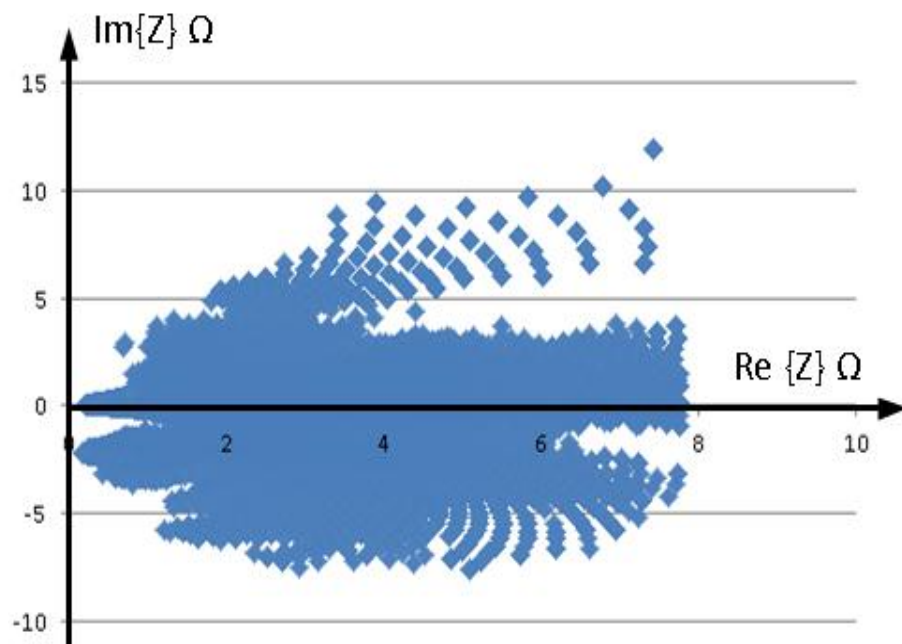
Utjecaj uređaja koji se koriste u kućanstvu na impedanciju



IZRAČUN IMPEDANCIJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE (NN SUSTAVA) IZ MJERENIH PODATAKA

Radna i jalova 15 minutna srednja snaga, naponi, struje i fazni kutovi mjereni su tijekom 2017. godine na ukupno 24 transformatorske stanice.

Iz prikupljenih podataka pokušala su se odrediti područja vrijednosti impedancije na frekvenciji 50 Hz koje vidi PLC koncentrator podataka koji se uobičajeno ugrađuje na niskonaponsku stranu u TS SN/NN.



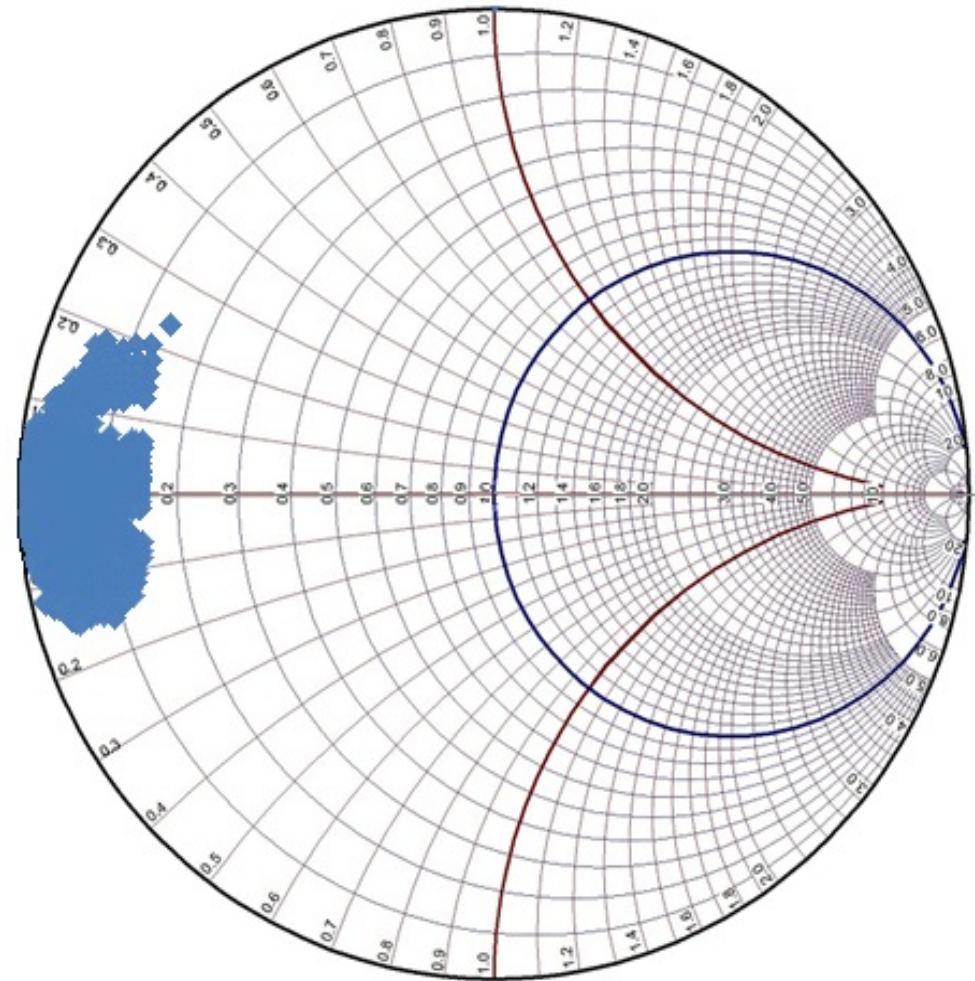
Pitanje recenzenta 1: Da li ste radili analizu utjecaja mreže na komunikaciju s obzirom na izvedbu distribucijske mreže (zračna mreža sa neizoliranim i izoliranim vodičima, kabela mreža i kombinacija navedenih mreža)?

Odgovor: Moguće je da su analizom obuhvaćene različite izvedbe NN mreža. PLC koncentratori se kod ugradnje ne podešavaju za poseban tip mreže i cilj je bio analizirati impedanciju bez znanja o mreži.

PRIKAZ IMPEDANCIJE NISKONAPONSKE MREŽE U SMITH-ovom DIJAGRAMU

Smith-ov dijagram (Phillip H. Smith, 1905.–1987.) često se koristi u analizama impedancije i koeficijenta refleksije za potrebe komunikacije, jer omogućava pregledan prikaz impedancije velikog raspona vrijednosti.

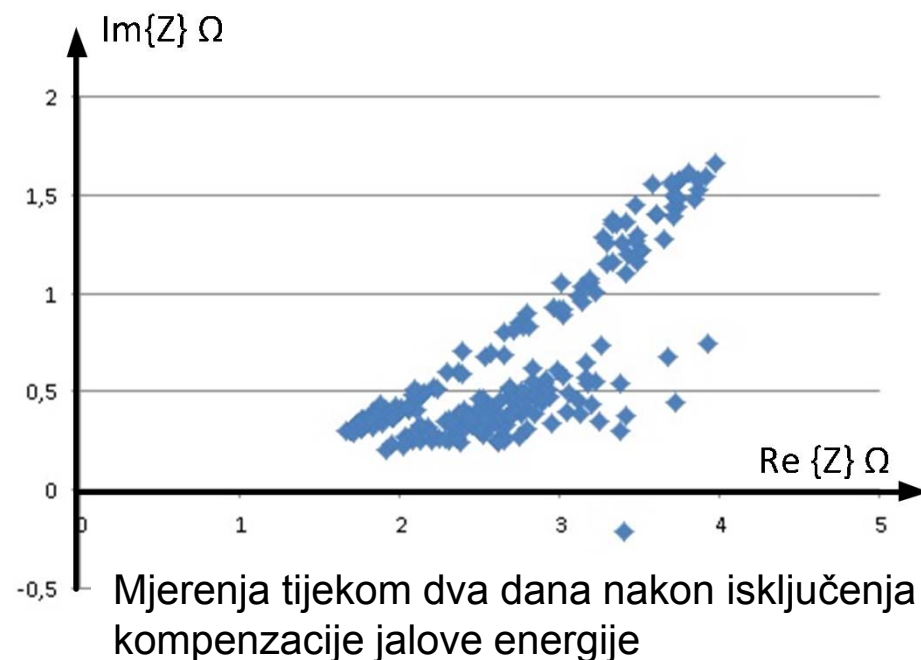
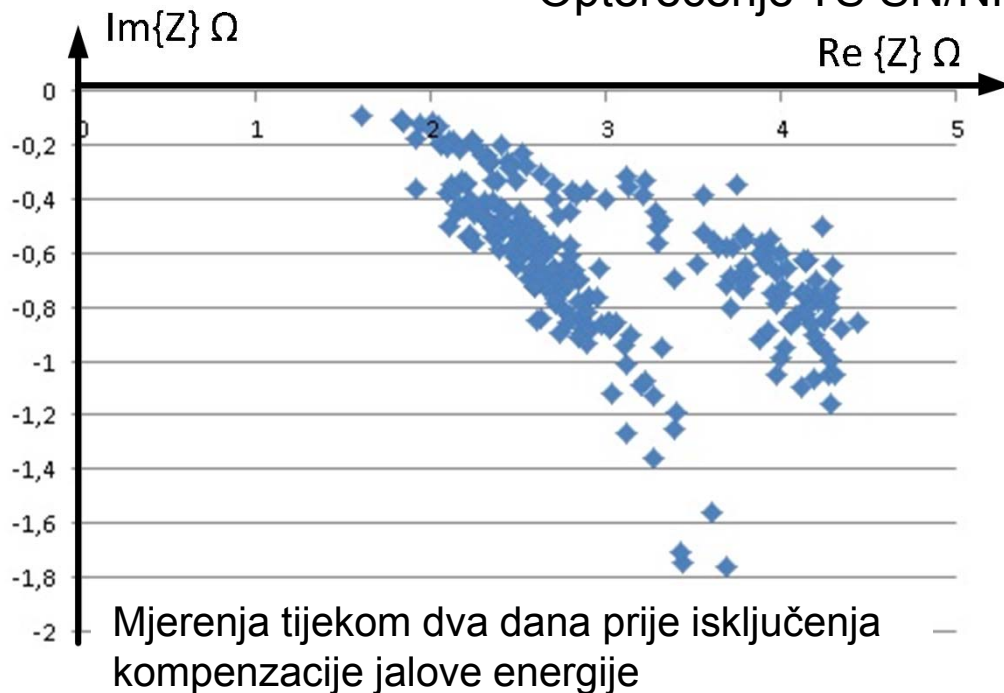
Impedancija se normalizira na određenu vrijednost, najčešće 50Ω , koja predstavlja središte dijagrama.



Prikaz izračunatih vrijednosti impedancije faze na $f = 50 \text{ Hz}$ mjereno u 24 TS SN/NN u periodu od jedne godine u Smith-ovom dijagramu.

PROMJENA IMPEDANCIJE UKLJUČENJEM ILI ISKLJUČENJEM KOMPENZACIJE

Opterećenje TS SN/NN u području 40 – 100 kW.



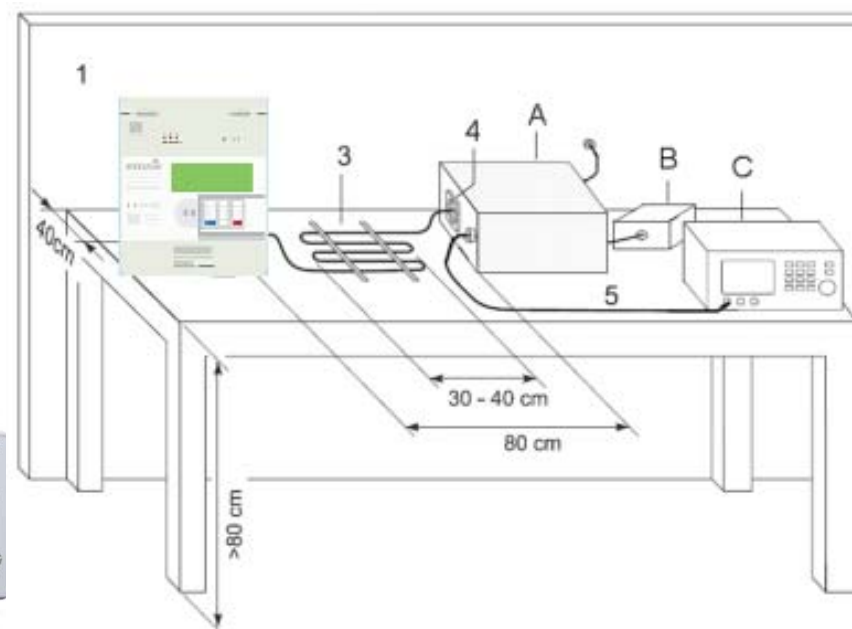
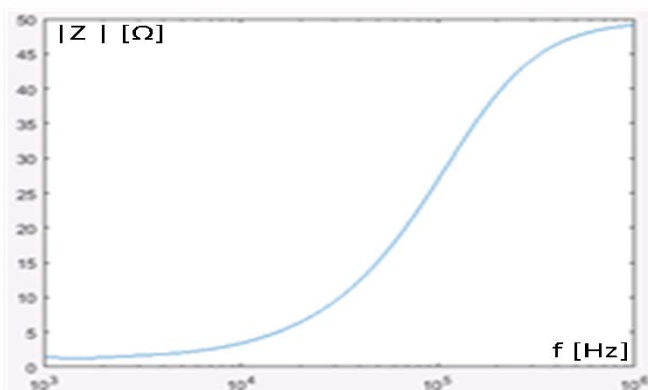
Pitanje recenzenta 2: Smatrate li da će utjecaj prevelikih kapaciteta u mreži (neadekvatne kompenzacije, kabelska mreža,...) imati značajniji utjecaj na uspješnost komunikacije naprednih mjerenja preko distribucijske mreže i ukoliko smatrate da hoće, kako tome doskočiti?

Odgovor: Utjecaj kapaciteta u mreži ima utjecaja na uspješnost komunikacije, a djelomično smanjenje ovog utjecaja provodi se prilagodnim elementima u PLC komunikacijskim uređajima.

MJERENJE RAZINE PLC KOMUNIKACIJSKOG SIGNALA KOJI SE ODAŠILJE U DISTRIBUCIJSKU MREŽU

Norma HRN EN 50065-1 *Signalizacija na niskonaponskim električnim instalacijama u frekventijskom opsegu 3 kHz do 148,5 kHz*, primjenjuje se na električne uređaje za prijenos informacija putem javne elektroenergetske mreže ili električnim kućnim instalacijama u frekventijskom području 3 kHz do 148,5 kHz.

Normom CISPR 16-1:1993 definiran je model distribucijske mreže za potrebe testiranja.



HVALA NA POZORNOSTI !

DISTRIBUCIJSKA MREŽA KAO KOMUNIKACIJSKI KANAL

mr. sc. Zdravko Lipošćak, dipl. ing. el.

mr.sc. Ivica Hadjina, dipl. ing. el.

Petar Rašić, mag. ing. el.

Marko Lihter, mag.ing.inf.et.comm.techn.

Marko Mamić, mag. ing.el.

HEP ODS d.o.o.