

Popović Tihomir, Borojević Miodrag
 Republički hidrometeorološki zavod SR Srbije
 Beograd, Jugoslavija

UVOD

Atmosferska električna pražnjenja su jedna od posledica generisanja električnog toka u oblacima vertikalnog razvoja. U odnosu na ostale atmosferske pojave ona su najbrža i najsnazišta.

Do sada je objavljeno više teorija koje pokušavaju da objasne mehanizam generisanja dovoljne količine električnog toka za iniciranje i realizaciju pražnjenja. Skoro sve date teorije favorižu neki od elementarnih mehanizama nadelektrotrisanja čestica koje dovode do nadelektrotrisanja oblaka. Po podacima i saznanjima do 1970. god., broj takvih mehanizama je oko 20, dok u kasnijem periodu samo 2 dobijaju na važnost (kontaktna elektrizacija i zahvat jona iz vazduha), Imyanitov (1981).

Sa razvojem tehničko-tehnoloških sistema, a naročito širom upotrebljivom savremenih elektronskih uređaja, raste potreba za poznavanjem kvantitativnih karakteristika atmosferskih električnih pražnjenja. One su neophodne za optimalno dimenzionisanje odgovarajućih sistema zaštite od atmosferskih prenapona. Kao najčešća mera grmljavinske aktivnosti uzima se broj dana sa grmljavinom u toku godine (izokeraunički nivo). Krajem šesdesetih godina u mrežu glavnih meteoroloških stanica RHMZ SR Srbije uvođe se instrumentalna osmatranja brojačima atmosferskih električnih pražnjenja.

1. BROJ DANA SA GRMLJAVINOM U BEOGRADU

Vizuelno osmotren broj dana sa grmljavinom na MO Beograd u periodu 1925-85. dat je u tabeli I.

Dugogodišnje prosečne vrednosti pokazuju da se preovladujuća grmljavinska aktivnost realizuje u periodu april - septembar. Svoj maksimum dostiže u junu, a period maj - juli obuhvata dve trećine godišnjeg iznosa broja dana sa grmljavinom.

2. INSTRUMENTALNA OSMATRANJA ATMOSFERSKIH ELEKTRIČNIH PRAŽNENJA U BEOGRADU

2.1. Brojač atmosferskih električnih pražnjenja

Uvodjenje instrumentalnih osmatranja atmosferskih električnih pražnjenja brojačima koji registruju naglu promenu elektromagnetskog polja pri ovoj pojavi ima za cilj određivanje ili bar procenu gustine pražnjenja tipa oblaka-zemlja po jedinici površine u toku godine. Iako im je osnovni princip rada isti, postoje više tipova brojača. Radi unifikacije ovih instrumenata i mogućnosti uporedjivanja rezultata CIGRE je posle većeg broja ispitivanja predložila svoj tip brojača. Daljim poboljšavanjima došlo se do brojača CIGRE sa vertikalnom antenom u dve varijante 500 Hz i 10 kHz. Brojač 10 kHz po konstrukcionim karakteristikama ima veliku selektivnost (oko 95% registrovanih impulsa potiče od pražnjenja tipa oblak - zemlja), a efektivni poluprečnik prijema mu je oko 20 km. Na bazi preporuka CIGRE izrađena je domaća varijanta brojača 10 kHz, M. Gavrić, T. Popović (1987), i od 1987. god. uvodi se u mrežu GMS RHMZ SR Srbije.

Instrumentalna osmatranja u obradjenom periodu vršena su jednostavljim tipom brojača, uslovno nazvanom "RHMZ SR Srbije". Osnovne karakteristike su mu da registruje pražnjenja oba tipa, da mu je pik prijema u intervalu 56-60 kHz, a efektivni poluprečnik prijema, Ref, u obradjenom

Tabela 1. Broj dana sa grmljavinama
 Beograd 1925-85.

Godina	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar	M
1925	.	.	2	3	7	6	7	6	5	.	.	.	36
1926	.	.	3	8	8	8	5	1	.	.	.	.	33
1927	.	.	1	5	6	5	7	1	2	.	.	.	27
1928	.	.	1	3	5	2	1	7	2	.	.	.	21
1929	.	.	1	10	5	1	7	.	2	.	.	.	26
1930	.	.	1	4	4	8	3	2	2	.	.	.	24
1931	.	.	3	6	10	4	6	4	.	.	.	.	33
1932	.	.	1	6	2	10	2	.	5	.	.	.	26
1933	.	.	1	1	5	5	3	3	1	.	.	.	19
1934	.	.	3	4	3	6	.	.	.	.	.	.	16
1935	.	.	1	2	4	1	3	1	.	.	.	.	12
1936	.	.	5	3	8	2	1	.	.	.	.	.	19
1937	.	.	3	6	4	2	6	5	1	.	.	.	27
1938	.	.	1	5	5	6	4	.	.	.	.	.	21
1939	.	.	2	7	4	7	.	.	.	.	.	.	27
1940	.	.	2	4	4	13	6	2	1	2	.	.	34
1941	.	.	1	2	8	10	5	.	.	.	.	.	26
1942	.	.	3	5	8	2	4	3	.	1	.	.	26
1943	.	.	2	7	5	5	1	4	.	.	.	.	24
1944	.	.	1	10	12	6	4	1	3	.	.	.	37
1945	.	.	3	8	6	7	6	1	.	.	.	.	31
1946	.	.	11	7	2	6	1	.	1	.	.	.	28
1947	.	.	2	7	9	10	1	1	1	.	.	.	31
1948	.	.	1	3	8	5	4	6	1	.	.	.	28
1949	.	.	1	2	10	7	9	2	.	.	.	.	31
1950	.	.	2	3	4	4	7	.	.	.	.	.	20
1951	.	1	2	5	6	6	4	1	.	1	.	.	26
1952	.	1	3	8	7	3	5	7	1	.	.	.	35
1953	.	.	3	9	9	9	1	1	.	.	.	.	32
1954	.	.	7	14	8	6	4	.	.	.	.	.	39
1955	1	1	3	8	12	10	.	1	.	.	.	.	36
1956	.	.	3	6	12	7	3	1	.	.	.	.	32
1957	.	.	3	12	8	7	2	2	.	.	.	.	34
1958	.	.	1	7	4	5	3	.	2	.	.	.	22
1959	.	1	2	6	6	8	7	1	.	2	.	.	33
1960	.	1	2	3	7	5	7	1	2	.	.	.	28
1961	.	.	4	7	5	1	1	.	1	.	.	.	26
1962	.	1	.	1	7	8	7	2	.	.	.	.	26
1963	.	3	2	8	8	7	5	5	.	1	.	.	39
1964	.	.	3	9	5	2	2	2	1	.	.	.	24
1965	.	1	5	4	7	5	6	1	.	.	.	.	29
1966	.	.	3	4	9	9	3	.	3	.	.	.	31
1967	.	.	1	4	10	6	4	1	2	.	.	.	28
1968	.	1	.	2	3	5	9	1	.	.	.	.	21
1969	.	.	1	5	6	9	5	1	.	.	.	.	27
1970	.	.	2	10	9	6	6	2	.	.	.	.	35
1971	.	.	2	11	14	4	7	1	.	.	.	.	39
1972	.	.	6	6	11	4	2	.	.	.	.	.	37
1973	.	.	1	4	7	10	4	1	3	.	.	.	30
1974	.	.	1	9	6	1	5	4	1	.	.	.	27
1975	.	1	2	12	9	8	13	5	2	.	.	.	52
1976	.	.	5	2	2	6	9	4	.	.	.	.	28
1977	1	1	1	6	6	9	6	1	.	.	.	.	31
1978	.	1	3	9	7	6	4	.	.	.	.	.	30
1979	1	2	4	5	8	9	4	1	1	.	.	.	36
1980	1	1	2	10	8	7	1	4	.	.	.	.	34
1981	.	1	4	3	8	3	5	3	.	.	1	.	28
1982	1	.	4	9	6	9	6	3	.	.	.	.	38
1983	1	.	2	8	4	7	3	3	.	.	.	.	29
1984	.	.	3	6	4	6	5	.	.	.	.	.	23
1985	.	1	.	8	5	4	6	.	.	.	.	.	24

SRED.	0,05	0,12	0,42	2,03	6,26	7,07	6,05	4,97	1,67	0,70	0,15	0,03	29,52
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

periodu imao je godišnje vrednosti u intervalu 6.3 - 15.5 km.

2.2. Dnevni hod grmljavinske aktivnosti u Beogradu

Iz činjenice da je generisanje električne energije uslovljeno nastankom i jačanjem oblaka vertikalnog razvoja, proizlazi da dnevni hod grmljavinske aktivnosti prati dnevni hod temperature i konvekcije vazduha. Ovome treba dodati mogući načinak frontalnih poremećaja i u periodu minimalne konvekcije.

Tabela 2. Dnevni hod grmljavinske aktivnosti

Beograd 1971-85

Inten-	zi tet (broj slu- impul. čaje u toku predh. sata)	Broj va	Relativna učestanost u % po terminima																							
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1-5	1736	2.4	2.1	2.1	2.0	1.7	1.4	1.1	1.0	1.8	2.6	3.1	4.3	5.3	6.7	7.8	8.4	8.6	8.3	7.3	6.3	5.3	4.4	3.6	2.4	
6-20	988	1.9	2.1	2.3	1.3	1.1	1.1	0.8	1.1	1.5	1.7	2.1	3.4	4.4	6.8	8.0	10.2	10.3	10.9	7.4	6.0	5.1	4.1	3.8	2.6	
21-50	415	3.1	2.6	2.0	1.6	1.2	1.0	1.0	0.8	0.6	1.4	1.7	3.8	7.5	9.9	11.1	10.8	8.2	8.0	7.0	5.2	4.0	3.4	3.1		
51-100	172	3.5	2.9	1.2	1.7	1.7	1.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.6	3.5	4.1	4.6	8.1	11.8	9.3	5.2	9.9	9.9	6.4	5.2	4.3	3.2	
100	152	2.6	3.3	2.0	0.6	1.3	1.3	0.6	0.6	0.0	0.6	0.6	5.9	0.2	11.8	7.2	9.9	9.9	5.5	7.2	9.9	4.8	2.6	2.0		
Nsr.	3463	2.4	2.2	2.0	1.7	1.3	1.3	1.2	1.1	1.3	1.9	2.4	3.7	4.7	6.8	8.2	9.4	9.4	8.9	7.4	6.4	5.5	4.6	3.6	2.5	
Vizuel. (učestanost)	1920	3.4	3.0	2.5	2.0	1.5	1.3	1.6	1.2	0.7	0.7	0.9	1.5	3.8	4.6	7.1	8.6	8.9	8.7	7.6	7.7	8.1	6.3	4.4	4.0	
Vizuel. (traj.)	44970	3.8	3.3	2.7	2.1	1.4	1.3	1.4	1.2	0.7	0.6	0.6	1.3	3.1	4.4	6.8	8.1	8.5	8.4	7.9	7.7	8.6	7.0	4.8	4.2	

Za meru intenziteta grmljavinske aktivnosti u obrađenom periodu uzet je broj registrovanih atmosferskih električnih pražnjenja u toku jednog (prethodnog) sata, broj registrovanih impulsa je klasificiran po intervalima 1-5, 6-20, 21-50, 51-100 i više od 100. Rezultati obrađe su dati u tabeli 2, a grafički su prikazani na Slici 1.

Interval 1-5 registrovanih impulsa od atmosferskih električnih pražnjenja u toku jednog sata karakterističan je za Cu med, unutar efektivnog poluprečnika prijema brojača. Interval 6-20 i 21-50 registrovanih impulsa karakteriše slabo do umereno razvijen Cb unutar Ref ili jak Cb na većem rastojanju od Ref. U slučajevima kada je brojač registrovao 51-100 ili više od 100 impulsa u toku jednog sata impulsi potiču od jakih komulonimbusa uglavnom unutar Ref.

Vizuelna osmatranja su analizirana po učestanosti i trajanju pojave. U oba slučaja javlja se, neočekivano, sekundarni maksimum, čiji uzrok treba ispitati. Dnevni hod po instrumentalnim merenjima dat je za različite intenzitete. Radi poredjenja isprekidanim linijom je predstavljen prosečan dnevni hod na osnovu svih registrovanih slučajeva. Uočljivo je da se više maksimuma, u dnevnom hodu, ne javlja sve do intervala N 51-100 u toku jednog sata. Može se reći da slaba i umerena grmljavinska aktivnost u Beogradu imaju pravilan dnevni hod koji uglavnom prati dnevni hod temperature vazduha. Intenzivna grmljavinska aktivnost ima primarni maksimum između 14 i 16 sati i sekundarne maksimume u večernjim satima. U dnevnom hodu na osnovu svih podataka instrumentalnih osmatranja ove se karakteristike ne uočavaju zbog toga što je u ukupnoj sumi registrovanih slučajeva mnogo veći broj slučaje-

va slabe i umerene aktivnosti. Pri tome treba imati u vidu da je i broj slučajeva registrovan instrumentalno veći od broja slučajeva osmotrenih vizuelno. Deo slučajeva, koje je brojač registrovao kao slabu i umerenu grmljavinsku aktivnost, potiču od intenzivne grmljavine na rastojanju maksimalnog dometa brojača, a da pri tome pojava iz objektivnih razloga nije mogla da bude uočena i vizuelno osmotrena.

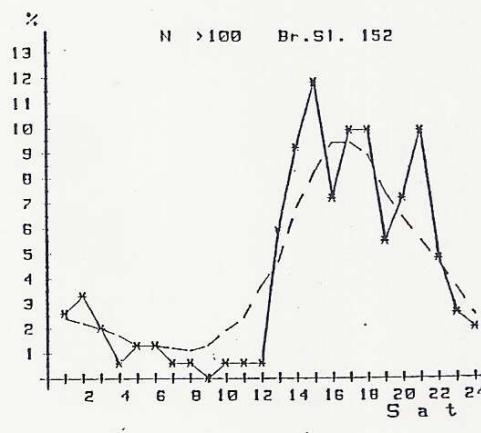
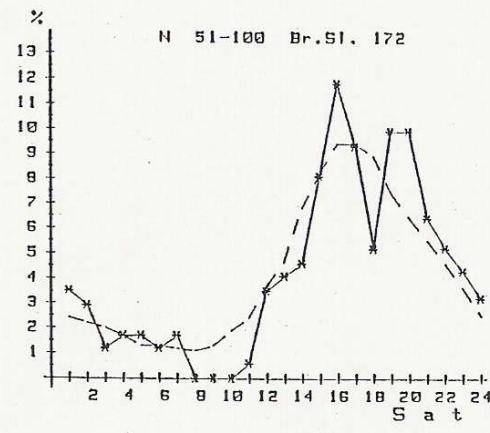
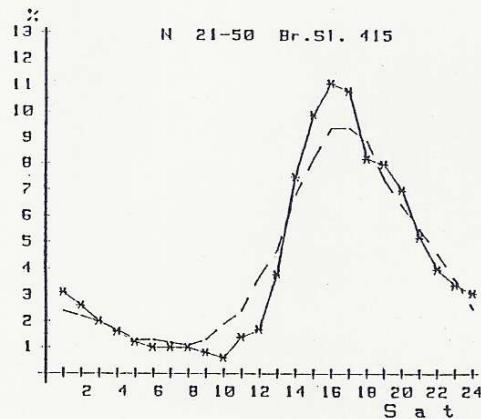
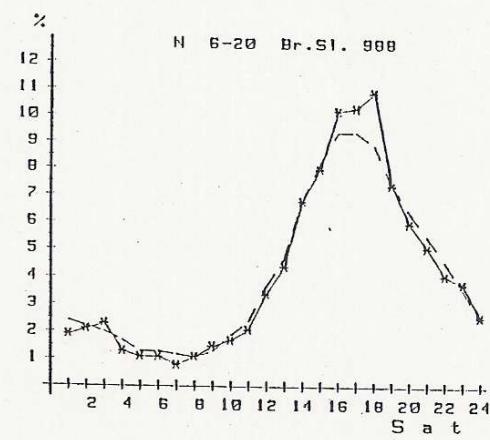
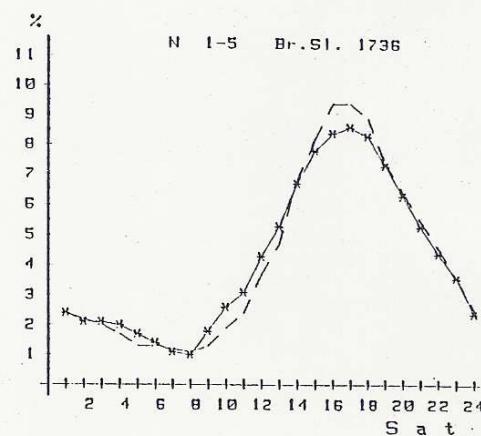
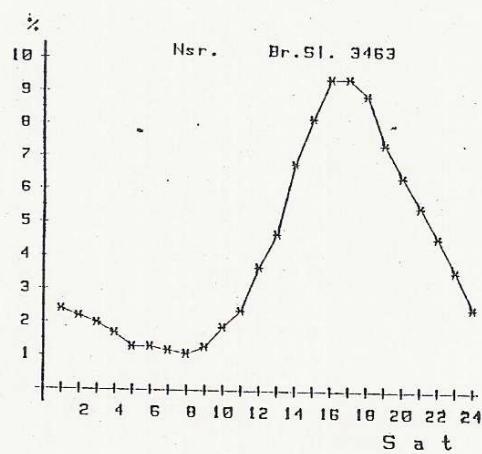
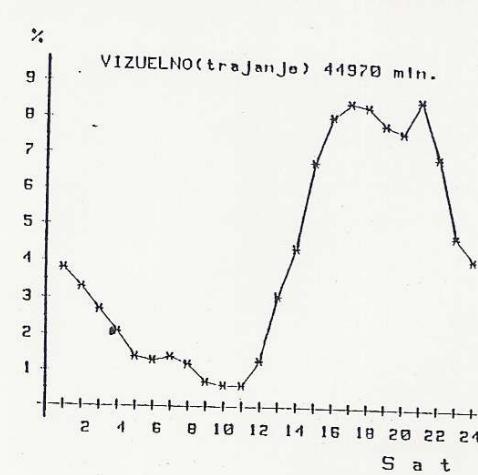
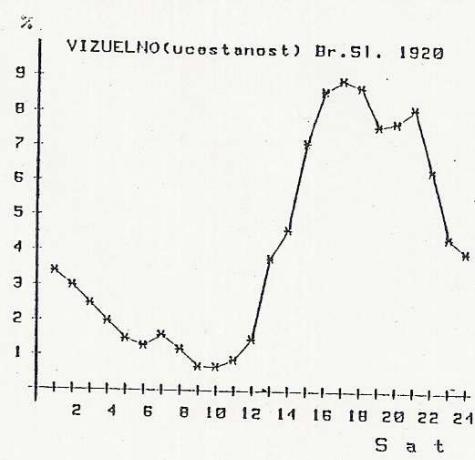
2.3. Veza između broja dana sa grmljavinom i rezultata instrumentalnih osmatranja atmosferskih električnih pražnjenja

Najtraženiji parametar u proračunima i projektovanju zaštite od atmosferskih prenapona je gustina pražnjenja tipa oblak-zemlja, Ng. Najrasprostranjeniji parametar kojim se karakteriše grmljavinska aktivnost je broj dana sa grmljavinom, Td.

Tabel.3 Broj dana sa grmljavinom i rezultati instrumentalnog osmatranja

Beograd 1971-85

Broj da- na sa grmlj.	Ukupan broj regis.	Korekci- ni fakt- or	Proračunat broj praž. tipa 0-Z po 1 km ² u toku godine
Td	K	Yg	Ng
1971	39	5 514	0.58
1972	37	4 704	0.63
1973	30	3 049	0.65
1974	27	2 781	0.65
1975	52	10 045	0.42
1976	28	3 345	0.59
1977	31	3 868	0.57
1978	30	3.682	0.60
1979	36	4 462	0.58
1980	34	4 238	0.60
1981	28	2.617	0.61
1982	38	4 730	0.61
1983	28	2 539	0.71
1984	23	1 879	0.68
1985	24	2 013	0.82



Sl. 1. Dnevni hod grmljavinske aktivnosti, Beograd 1971-85.

Više autora, npr. Anderson (1977), zavisnost broja pražnjenja u toku godine od broja dana sa grmljavinom daje vezom oblike

$$N = a \cdot T^b \quad (1)$$

Po podacima iz tabele 3, dobijaju se izrazi (2) i (3) navedenim koeficijentima čvrstine veze r^2

$$N_g = 0.0135 \cdot T_d^{1.4401}; (r^2=0.948) \quad (2)$$

$$K = 3.8841 \cdot T_d^{1.9790}; (r^2=0.962) \quad (3)$$

Kako broj dana sa grmljavinom u Beogradu ne prelazi 40 (izuzimajući 1975. god.), zavisnost N_g od T_d se može prikazati, takođe zadovoljavajućom, linearnom vezom

$$N_g = 0.0904 \cdot T_d - 0.8683; (r^2=0.971) \quad (4)$$

Koefficijenti u izrazima (2) i (3) se razlikuju od vrednosti koje su dobijene za područje "Elektrodistribucije" - Beograd, Popović (1981). Jedan od uzroka je uže posmatrano područje na koje se odnose izrazi (2) i (3). Pored toga u ovaj rad su ugradjena i neka saznanja do kojih se došlo prilikom detaljnog ispitivanja prototipova brojača tlača CIGRE 500 Hz i 10 kHz.

Nema sumnje da predstavljanje grmljavinske aktivnosti samo izokerauničkim nivom ne zadovoljava potrebe današnjice. Zato je neophodno nastaviti i proširiti instrumentalna osmatranja ove pojave. Pri tome treba imati u vidu da je jedino ispravno rešenje unificirana mreža brojača atmosferskih električnih pražnjenja.

REFERENCE:

- Anderson R.B. et Erikson A.J., 1977, Lightning parameters for engineering application, Elektra №69, pp 67
- Ilyanić I.M., 1981, Stroenie i uslovia razvitiia grazavih oblakov, Meteorologija i hidrologija, №3, str.6.
- Gavrić M., Popović T., 1987, Brojač at.elektropražnjenja sa vertikalnom antenom, XVIII Savetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, referat 22.15, str. 138-139.
- Popović T., 1981, Broj i raspodela at.elektropražnjenja na teritoriji "Elektrodistribucije" - Beograd, NHMZ SR Srbije, str.23.

SOME CHARACTERISTICS OF THE ATMOSPHERIC ELECTRICAL DISCHARGES IN BEOGRAD

Tihomir Popović and Miodrag Borojević
Hydrometeorological Institute of
SR Serbia
Beograd, Yugoslavia

The values of the number of days with thunderstorms in the period 1925-1985 through the observations done at the Meteorological Observatory in Beograd are given in this paper. The presentation of the daily course of the thunderstorms of the different intensity is given for the period 1971-1985 using the data obtained from the observations by lightning flash counter. The number of registered impulses in one-hour time interval is taken as the criterion for intensity. The relationship between the number of days with thunderstorms (Isokeraunic level) and results of instrumental observations of the atmospheric electrical discharges in Beograd for the same period is also presented in this paper.

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ В БЕЛГРАДЕ

Тихомир Попович и Миодраг Бороевич
Гидрометеорологический Институт СР Сербии
Белград, Югославия

В этой статье приведены значения числа дней с грозой в периоде 1925-1985. годов по наблюдениям Метеорологической обсерватории в Белграде. В течении периода 1971 - 1985. годов, в котором выполнены измерения счетчиком грозовых разрядов, сделан обзор суточного хода грозовой деятельности различной интенсивности. Интенсивность выражена в числе импульсов в одноточных интервалах. За такой же период приведена связь между числом дней с грозой /уровень изокерауничный/ и результатов инструментальных наблюдений атмосферских электрических разрядов в Белграде.