

برقی ادوار

خالد خان یوسفزئی
کامیٹ انسٹیٹیوٹ آف انفارمیشن ٹیکنالوجی، اسلام آباد
khalidyousafzai@comsats.edu.pk

عنوان

1	بنیاد	1
1	برقی بار، برقی رو اور برقی دباؤ	1.1
6	قانون اوہم	1.2
8	توانائی اور طاقت	1.3
15	برقی پڑے	1.4
15	غیر تابع منبع	1.4.1
17	تابع منبع	1.4.2
27	مزا جتنی ادوار	2
27	قانون اوہم	2.1
35	قوانین کرخوف	2.2
51	سلسلہ وار جڑے پڑوں میں رو	2.3
52	تقسیم دباؤ	2.4
55	متعدد سلسلہ وار مزاحمتوں کا مساوی مزاحمت	2.5
58	سلسلہ وار متعدد منبع دباؤ اور مزاحمت	2.6
59	متوازی جڑے مزاحمت پر یکساں دباؤ پایا جاتا ہے	2.7
61	تقسیم رو اور متعدد متوازی مزاحمتوں کا مساوی مزاحمت	2.8
68	سلسلہ وار اور متوازی مزاحمت	2.9
73	تخصیص مزاحمت	2.10
76	سلسلہ وار اور متوازی مزاحمتوں کے ادوار کا حل	2.11
84	ستارہ-تکون تبادلہ	2.12
91	تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	2.13
101	ترکیب جوڑ اور دائری ترکیب	3
101	تجزیہ جوڑ	3.1
104	غیر تابع منبع رو استعمال کرنے والے ادوار	3.2
117	تابع منبع رو استعمال کرنے والے ادوار	3.3
123	غیر تابع منبع دباؤ استعمال کرنے والے ادوار	3.4

132	تابع منبع دباو استعمال کرنے والے ادوار	3.5
139	دائری تجزیہ	3.6
140	غیر تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	3.7
148	غیر تابع منبع رواستعمال کرنے والے ادوار	3.8
154	تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	3.9
158	دائری ترکیب اور ترکیب جوڑ کا موازنہ	3.10

161	حسابی ایپلیفائر	4
171	کامل حسابی ایپلیفائر	4.1
171	منفی ایپلیفائر	4.2
174	مثبت ایپلیفائر	4.3
176	مستقام کار	4.4
176	منفی کار	4.5
178	جمع کار	4.6
181	متوازن اور غیر متوازن صورت	4.7
185	موازنہ کار	4.8
185	آلاتی ایپلیفائر	4.9

187	مسئلے	5
187	مساوی دور	5.1
187	مسئلہ خطیت	5.2
191	مسئلہ نفاذ	5.3
201	مساوی ادوار	5.4
206	مسئلہ تھون، مسئلہ نارٹن اور مسئلہ متبادلہ منبع	5.5
225	تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	5.6
231	تابع منبع اور غیر تابع منبع دونوں استعمال کرنے والے ادوار	5.7
239	زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل کرنے کا مسئلہ	5.8

247	برق گیر اور امالہ گیر	6
247	برق گیر	6.1
261	امالہ گیر	6.2
270	برق گیر اور امالہ گیر کے خصوصیات	6.3
273	سلسلہ وار جڑے برق گیر	6.4
277	متوازی جڑے برق گیر	6.5
281	سلسلہ وار امالہ گیر	6.6
283	متوازی امالہ گیر	6.7
287	حسابی ایپلیفائر کے RC ادوار	6.8
288	تفرق کار	6.9

293	عارضی رد عمل	7
293	تعارف	7.1
293	ایک درجی ادوار	7.2

295	7.2.1 رد عمل کی عمومی مساوات
321	7.3 دھڑکن
328	7.4 دو درجی ادوار
359	8 برقرار حالت بدلتی رو
359	8.1 مخلوط اعداد
364	8.2 سائن نما تفاعل
373	8.3 سائن نما اور مخلوط جبری تفاعل
381	8.4 دوری سمتیہ
386	8.5 مزاحمت، امالہ گیر اور برقی گیر کے انفرادی دوری سمتی تعلق
396	8.6 برقی رکاوٹ اور برقی فراوانی
409	8.7 دوری سمتیت کے اشکال
419	8.8 کر خوف مساوات
424	8.9 تجزیاتی تراکیب
443	9 برقرار برقی طاقت
443	9.1 لمبائی طاقت
446	9.2 اوسط طاقت
453	9.3 زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل کرنے کا مسئلہ
463	9.4 موثر قیمت
472	9.5 جزو طاقت
476	9.6 مخلوط طاقت
484	9.7 جزو طاقت کی درستی
489	9.8 برقی چھٹکا
491	9.9 نم زمین
492	9.10 ایک دور کا نظام
497	9.11 حفاظتی تدابیر
499	10 مقناطیسی جڑے ادوار
499	10.1 مشترکہ امالہ
517	10.2 مشترکہ امالہ میں توانائی کا ذخیرہ
523	10.3 کامل ٹرانسفارمر
547	11 تین دوری نظام
547	11.1 تین دوری ستارہ دیاو
553	11.2 ستارہ ستارہ (YY) جوڑ
561	11.3 تین دوری ٹکونی (Δ) دیاو
566	11.4 ٹکونی بوجھ
571	11.5 طاقت کے کلیات
580	11.6 جزو طاقت کی درستی

585	تعدوی رد عمل	12
596	جال	12.1
598	صفر اور قطب	12.2
600	سائن نماتعدوی تجزیہ	12.3
600	یوڈا خطوط	12.3.1
621	گمکی ادوار	12.4
655	چھانی	12.5
657	چھانی	13
657	چھانی	13.1

باب 13

چھلنی

13.1 چھلنی

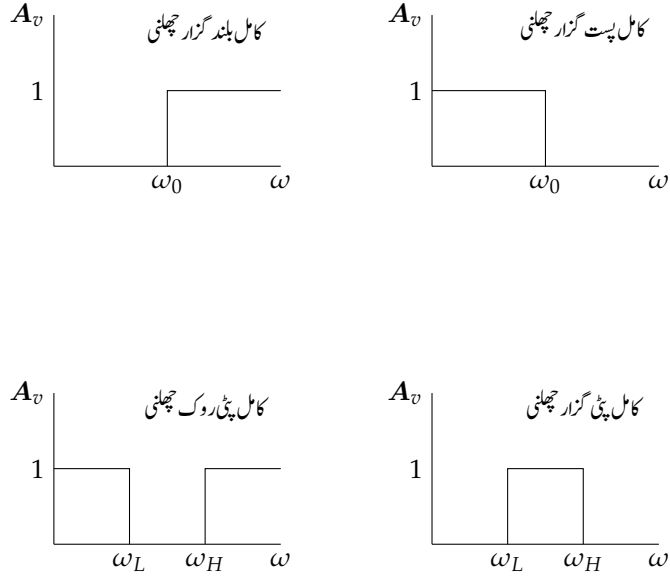
اشارات کو تعدد کی بنیاد پر علیحدہ کرنے کے لئے چھلنی¹ استعمال کی جاتی ہے۔ ان میں پست گزار، بلند گزار، پٹی گزار اور پٹی روک چھلنیاں نہایت مقبول ہیں جن کے خط شکل 13.1 میں دکھائے گئے ہیں۔ پست گزار چھلنی² کسی مخصوص تعدد ω_0 سے کم تعدد کے اشارات کو گزرنے دیتی ہے جبکہ بقایا تعدد کے اشارات کو روکتی ہے۔ بلند گزار چھلنی³ کسی مخصوص تعدد ω_0 سے زیادہ تعدد کے اشارات کو گزرنے دیتی ہے جبکہ بقایا تعدد کے اشارات کو روکتی ہے۔ پٹی گزار چھلنی⁴ کسی مخصوص تعددی پٹی ω_L تا ω_H کے اشارات کو گزرنے دیتی ہے جبکہ بقایا تعدد کے اشارات کو روکتی ہے۔ پٹی روک چھلنی⁵ کسی مخصوص تعددی پٹی ω_L تا ω_H کے اشارات کو روکتی ہے جبکہ بقایا تعدد کے اشارات کو گزرنے دیتی ہے۔

شکل 13.2-الف میں پست گزار چھلنی کا سادہ ترین دور دکھایا گیا ہے جس کی انفرانش دباؤ $A_v = \frac{\hat{V}_0}{\hat{V}_d}$ درج ذیل ہے

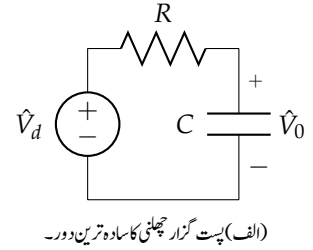
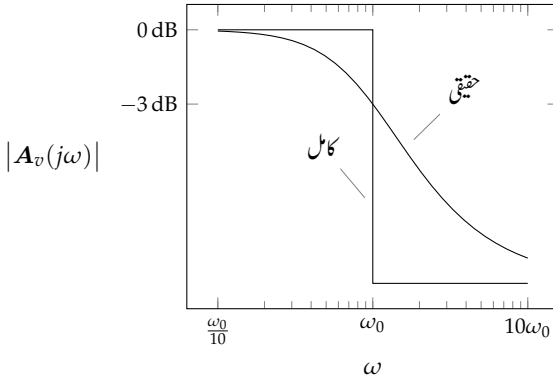
$$A_v(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

$$= \frac{1}{1 + j\omega\tau}$$

filter¹
low-pass filter²
high-pass filter³
band-pass filter⁴
band-stop filter⁵



شکل 13.1: کامل چھلنیوں کے خط۔



(الف) پست گزار چھلنی کا سادہ ترین دور۔

(ب) کامل اور حقیقی پست گزار چھلنی کے خط۔

شکل 13.2: پست گزار چھلنی۔

جہاں $RC = \tau$ وقتی مستقل⁶ کہلاتا ہے۔ افزائش دباؤ کی مقداری خصلت⁷ اور زاویائی خصلت⁸ لکھتے ہیں۔

$$|A_v(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}}$$

$$\angle A_v(\omega) = -\tan^{-1} \omega \tau$$

شکل 13.2-ب میں کامل پست گزار چھلنی اور شکل-الف کے حقیقی چھلنی کے خط دکھائے گئے ہیں۔ اگرچہ ہم چاہتے ہیں کہ پست گزار چھلنی کسی مخصوص تعدد ω_0 سے کم تعدد کو جوں کا توں گزارے اور اس سے بلند تعدد کو قطعاً نہیں گزارے، حقیقی ادوار ایسا کرنے سے قاصر ہوتے ہیں۔ کامل پست گزار چھلنی انقطاعی تعدد⁹ ω_0 سے کم تعدد کو مکمل طور پر گزارتی ہے جبکہ اس سے زیادہ تعدد کو مکمل طور پر روکتی ہے۔ حقیقی پست گزار چھلنی بھی یہی کچھ کرتی ہے البتہ انقطاعی تعدد کے قریبی تعدد پر اس کی کارکردگی کامل نہیں ہوتی۔ جیسا شکل-ب میں دکھایا گیا ہے، انقطاعی تعدد ω_0 پر حقیقی پست گزار چھلنی کی افزائش دباؤ A_v تین ڈیسی بیل کم ہوتی ہے۔ جیسا آپ نے بوڈا خطوط میں پڑھا تھا، انقطاعی تعدد کی تعریف یہ ہے کہ اس پر اشارے کی طاقت نصف ہو جائے۔ اشارے کا حیظ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ گنا ہونے سے اس کی طاقت آدھی ہوتی ہے۔ جیسا شکل-ب سے واضح ہے، انقطاعی تعدد سے دور تعدد پر حقیقی پست گزار چھلنی کی کارکردگی یقیناً قابل تعریف ہے۔ انقطاعی تعدد سے دس گنا کم $\frac{\omega_0}{10}$ یا دس گنا زیادہ $10\omega_0$ تعدد پر اس کی کارکردگی تقریباً کامل چھلنی جیسے ہے۔

شکل 13.2-الف میں دئے پست گزار چھلنی کو اس طرح سمجھا جاسکتا ہے کہ کم تعدد پر برق گیر کی رکاوٹ زیادہ ہوتی ہے لہذا تقسیم دباؤ کے کلیے سے ظاہر ہے کہ برق گیر پر زیادہ دباؤ پایا جائے گا۔ اس کے برعکس زیادہ تعدد پر برق گیر کی رکاوٹ کم ہوتی ہے لہذا تقسیم دباؤ کے کلیے کے تحت اس پر دباؤ گھٹ جائے گا۔ انتہائی بلند تعدد پر برق گیر کی رکاوٹ انتہائی کم ہو گی اور اس پر دباؤ قابل نظر انداز ہو گا۔

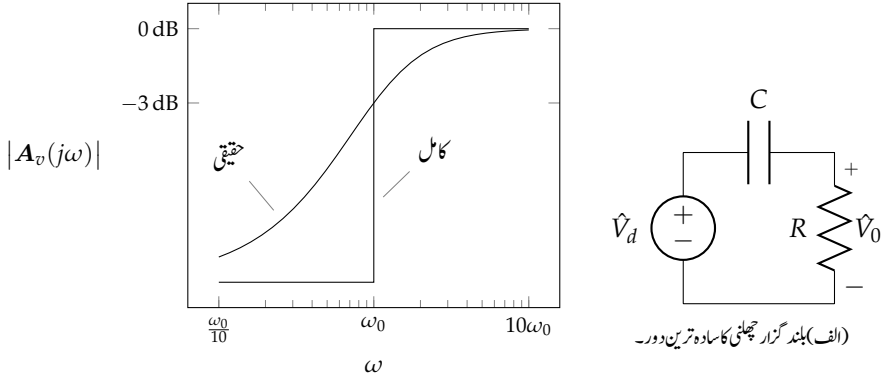
شکل 13.3-الف میں بلند گزار چھلنی کا سادہ ترین دور دکھایا گیا ہے جس کی تبدیلی تفاعل لکھتے ہیں جہاں $RC = \tau$ لکھا گیا ہے۔

$$A_v(j\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$= \frac{j\omega C}{1 + j\omega RC}$$

$$= \frac{j\omega \tau}{1 + j\omega \tau}$$

time constant⁶
magnitude characteristic⁷
phase characteristic⁸
cut-off frequency⁹



(ب) کامل اور حقیقی بلند گزار چھلنی کے خط۔

شکل 13.3: بلند گزار چھلنی۔

تبادلی تفاعل کی مقداری اور زاویائی تفاعل لکھتے ہیں۔

$$(13.1) \quad |A_v(\omega)| = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}}$$

$$(13.2) \quad \angle A_v(\omega) = 90^{\text{circ}} - \tan^{-1} \omega\tau$$

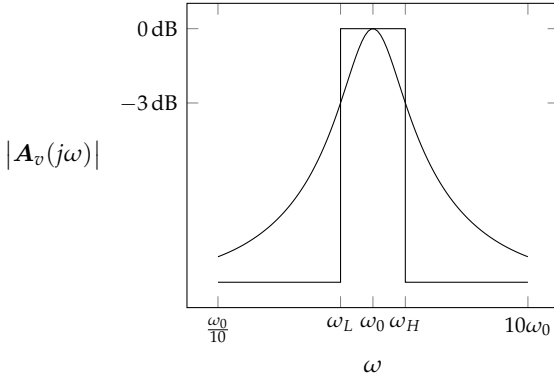
شکل-ب میں تبادلی تفاعل کا مقداری خط دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی کامل بلند گزار چھلنی کا خط بھی دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی حقیقی چھلنی کی انفرانش دباو انتظامی تعدد پر اشارے کی طاقت آدھی کرتی ہے۔

شکل 13.3-الف میں دئے بلند گزار چھلنی کو اس طرح سمجھا جاسکتا ہے کہ صفر تعدد کے قریب برق گیر کی رکاوٹ انتہائی زیادہ ہوگی لہذا تقسیم دباو کے کلیے سے ظاہر ہے کہ مزاحمت پر دباو انتہائی کم ہوگا۔ اس کے برعکس انتہائی زیادہ تعدد پر برق گیر کی رکاوٹ انتہائی کم ہوگی لہذا تقسیم دباو کے کلیے کے تحت پورا دباو مزاحمت پر پایا جائے گا۔

پہلی گزار چھلنی کا سادہ ترین دور شکل 13.4 میں دکھایا گیا ہے۔ اس کی انفرانش دباو لکھتے ہوئے

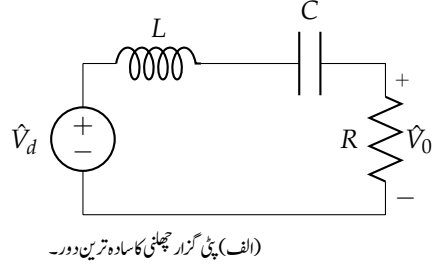
$$(13.3) \quad A_v(j\omega) = \frac{R}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}$$

$$= \frac{\omega RC}{\omega RC + j(\omega^2 LC - 1)}$$



(ب) کامل اور حقیقی پٹی گزار چسپانی کے خط۔

شکل 13.4: پٹی گزار چسپانی۔



مقداری تفاعل لکھتے ہیں

$$(13.4) \quad |A_v(\omega)| = \frac{\omega RC}{\sqrt{(\omega RC)^2 + (\omega^2 LC - 1)^2}}$$

جس کو شکل-ب میں دکھایا گیا ہے۔ اس کی کارکردگی یوں سمجھی جاسکتی ہے کہ درمیانی تعدد یعنی گمکی تعدد ω_0 پر $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ ہوتا ہے لہذا داخلی اشارہ جوں کا توں مزاحمت پر پہنچتا ہے۔ گمکی تعدد سے بہت کم تعدد پر برق گیر کی رکاوٹ بہت بڑھ جاتی ہے لہذا تقسیم دباؤ کے کلیے سے ظاہر ہے کہ مزاحمت پر دباؤ بہت کم ہوگی۔ اسی طرح گمکی تعدد سے بہت زیادہ تعدد پر امالی رکاوٹ کی قیمت بہت بڑھ جاتی ہے جس کی وجہ سے مزاحمت پر دباؤ بہت کم ہوتی ہے۔

مساوات 13.3 میں صرف ω متغیر مقدار ہے۔ افزائش دباؤ کی زیادہ سے زیادہ قیمت اس تعدد ω_0 پر حاصل ہوگی جس پر نسب نما میں توسین کی قیمت صفر کے برابر ہو یعنی

$$(13.5) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

اس تعدد پر $|A_v(\omega_0)| = 1 \text{ VV}^{-1}$ حاصل ہوتا ہے۔ انقطاعی تعدد پر افزائش دباؤ $|A_v(\omega_0)|$ کے $\frac{1}{\sqrt{2}}$ گنا ہوگی۔ یوں مساوات 13.4 کو استعمال کرتے ہوئے انقطاعی تعدد کے لئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\frac{\omega RC}{\sqrt{(\omega RC)^2 + (\omega^2 LC - 1)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

دونوں جانب مربع لیتے اور ترتیب دیتے ہوئے درج ذیل

$$(\omega^2 LC - 1)^2 = (\omega RC)^2$$

یعنی

$$\omega^2 LC - 1 = \pm \omega RC$$

یا

$$\omega^2 LC \pm \omega RC - 1 = 0$$

ملتا ہے۔ اس دو درجی مساوات کے حل لکھتے ہیں

$$(13.6) \quad \omega_L = \frac{-\frac{R}{L} + \sqrt{\left(\frac{R}{L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}}{2}$$

$$(13.7) \quad \omega_H = \frac{+\frac{R}{L} + \sqrt{\left(\frac{R}{L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}}{2}$$

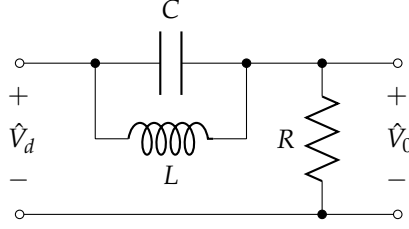
جن سے پٹی گزار چھلنی کی عرض پٹی BW حاصل ہوتی ہے۔

$$(13.8) \quad BW = \omega_H - \omega_L = \frac{R}{L}$$

مثال 13.1: اگر آپ کو حساس اشارات کے ساتھ کام کرنا پڑے تو آپ دیکھیں گے کہ ان میں واپڈا کا 50 Hz پایا جاتا ہے جس سے چھکارا حاصل کرنا نہایت مشکل ہوتا ہے۔ موبائل ٹیلیفون کے زمانے سے پہلے زمینی تار والے ٹیلیفون استعمال کئے جاتے تھے جن کی تاروں میں عموماً 50 Hz کا غیر مطلوب اشارہ گھس جاتا تھا جو شہد کی مکھی کی طرح ہوں ہوں کرتا سنائی دیتا تھا۔

میری بیٹی عفت بریجنے نے انجینئرنگ کے آخری سال میں برقی قلب نگار¹⁰ بنایا۔ انہیں مسلسل 50 Hz کے غیر مطلوب اشارے کا سامنہ کرنا پڑا۔ پچاس ہرٹز کے غیر مطلوب اشارے کی خاصیت یہ ہے کہ اس کی تعدد اٹل ہے۔ اس سے دندانہ چھلنی¹¹ کی مدد سے چھکارا حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل میں دندانہ چھلنی کا دور دکھایا گیا ہے۔ تار کے ٹیلیفون میں R سپیکر کی مزاحمت ہوگی۔ برقی قلب نگار میں R اگلے دور کا داخلی تھون مزاحمت ہوگا۔

electrocardiogram, ecg¹⁰
notch filter¹¹



شکل 13.5: دندانه چھلنی کی مدد سے 50 Hz سے چھٹکارا حاصل کیا جاتا ہے۔

متوازی امالہ گیر اور برق گیر کی رکاوٹ Z لکھتے ہیں۔

$$Z = \frac{(j\omega L)(\frac{1}{j\omega C})}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$= \frac{\frac{L}{C}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}$$

تقسیم دباؤ کے کلیے سے خارجی دباؤ لکھتے ہیں

$$\hat{V}_0 = \left(\frac{R}{R + Z} \right) \hat{V}_d$$

$$= \frac{R \hat{V}_d}{R + \frac{\frac{L}{C}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}}$$

جس سے درج ذیل تبدیلی تفاعل حاصل ہوتا ہے۔

$$\frac{\hat{V}_0}{\hat{V}_d} = \frac{(j\omega)^2 + \frac{1}{LC}}{(j\omega)^2 + \left(\frac{j\omega}{RC} \right) + \frac{1}{LC}}$$

غیر مطلوب اشارے سے چھٹکارے کے لئے ضروری ہے کہ 50 Hz یعنی $100\pi \text{ rad s}^{-1}$ پر تبدیلی تفاعل صفر کے برابر ہو۔ یوں تبدیلی تفاعل کا شمار کنندہ اس تعدد پر صفر کے برابر درکار ہے جس سے درج ذیل شرط حاصل ہوتی ہے۔

$$(13.9) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 100\pi$$

یوں برق گیر کی قیمت $100 \mu\text{F}$ چننے ہوئے امالہ کی قیمت 101.3 mH حاصل ہوتی ہے۔ دندانه چھلنی کی کارکردگی دیکھنے کی خاطر داخلی اشارے $v_d(t)$ کو 50 Hz اور 1000 Hz کے سائن نما اشارات کا مجموعہ تصور کرتے ہیں

جہاں

$$v_d(t) = 1 \cos(2\pi 50t) + 0.1 \cos(2\pi 1000t)$$

شکل میں داخلی اور خارجی اشارات دکھائے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ 50 Hz سے مکمل چھٹکارا حاصل ہوا ہے۔
