

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

KHOA ĐIỆN-ĐIỆN TỬ



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

Môn: Xác suất và thống kê

Giảng viên hướng dẫn: GVC.Ths Đặng Tuấn Khanh

Lớp: L01

Nhóm thực hiện: Nhóm 13



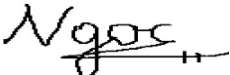
TPHCM, 12/2022

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HCM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN-ĐIỆN TỬ



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

Môn: Xác suất và thống kê

Thành viên nhóm	MSSV	Lớp	% hoàn thành	Ký tên
Lâm Thành Phát	2111974	L01	100%	
Hoàng Tuấn Tài	2114680	L01	100%	
Hoàng Bảo Ngọc	2114198	L01	100%	

TPHCM, 12/2022

LỜI NÓI ĐẦU

Hầu hết các hiện tượng trong cuộc sống đều xảy ra một cách ngẫu nhiên không thể đoán biết được. Chúng ta luôn đứng trước những lựa chọn và phải quyết định cho riêng mình. Khi lựa chọn như thế thì khả năng thành công là bao nhiêu? Phương án lựa chọn đã tối ưu chưa? Cơ sở của việc lựa chọn là gì? Khóa học về *Xác suất* sẽ giúp ta định lượng khả năng thành công của từng phương án để có thể đưa ra quyết định đúng đắn hơn.

Xác suất thống kê được sử dụng nhiều để giải quyết các bài toán trong khối ngành kỹ thuật nói chung và Điện – Điện tử nói riêng. Với định hướng cải tiến chương trình và nội dung gắn liền thực tiễn, Bài tập lớn môn Xác suất thống kê có vai trò ứng dụng các lý thuyết được học vào chuyên ngành mang tính thực tiễn, ứng dụng.

Dưới đây là phần BTL nhóm 13 chúng em được giao. Từ những dữ kiện đề bài cho trước, chúng em xin trình bày cơ sở lý thuyết, cùng những phương pháp làm bài, cách thức phân tích số liệu thống kê nhằm mục đích có thể khai thác hiệu quả các thông tin được cho, phục vụ cho công tác nghiên cứu đề tài được giao.

Bài báo cáo này được xây dựng trên cơ sở kiến thức đã tiếp thu từ các bài giảng trên lớp, các giáo trình điện tử được Thầy Nguyễn Tiến Dũng cung cấp, giáo trình Xác suất - thống kê của các tác giả khác thuộc Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia và sử dụng một số tài liệu tham khảo từ Internet.

Do điều kiện, kiến thức cũng như trình độ hiểu biết còn hạn chế, bài báo cáo của nhóm 13 chúng em không tránh khỏi những thiếu sót, khuyết điểm. Chúng em rất mong nhận được sự cảm thông, chia sẻ, góp ý từ phía Thầy nhằm giúp nhóm hoàn thiện hơn không những ở bản báo cáo này mà còn là những mặt kiến thức còn thiếu sót, qua đó hoàn thành các tiêu chí thành phần của môn học tốt hơn. Qua đây, chúng em xin được chân thành cảm ơn Thầy Đặng Tuấn Khanh đã nhiệt tình hướng dẫn, chỉ bảo, hỗ trợ nhóm hoàn thành bài báo cáo này.

TÓM TẮT BÁO CÁO

Trước hết, sinh viên sẽ tìm hiểu những nội dung sau:

- Khái niệm cơ bản về chộc thùng điện môi rắn.
- Phân phối Student, cách xác định khoảng tin cậy.
- Khái niệm cơ bản về nguồn điện (nhà máy điện), hệ số ngừng cưỡng bức FOR, tải đỉnh, đường cong đặc tính tải.
- Kiến thức về thống kê đối với phân phối chuẩn và phân phối nhị thức.

Sau đó sẽ áp dụng các phương pháp tính toán vào giải quyết các bài toán, các vấn đề được đặt ra.

Cuối cùng, sinh viên rút ra kết luận.

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
TÓM TẮT BÁO CÁO	4
DANH MỤC BẢNG BIỂU	7
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	8
DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT	9
CHƯƠNG 1. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH ĐIỆN ÁP PHÓNG ĐIỆN CHO VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN RẮN Ở ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU TẦN SỐ CÔNG NGHIỆP.....	1
1.1. Cơ sở lý thuyết	1
1.1.1 Các khái niệm cơ bản về phóng điện chọc thủng điện môi rắn.....	1
1.1.2. Cơ sở lý thuyết về phân phối Student	3
1.1.3. Cách xác định khoảng tin cậy	6
1.2. Lời giải tính tay	8
1.3. Tính toán bằng code	9
1.3.1. Giới thiệu các thư viện sử dụng	9
1.3.2. Thực hiện	12
CHƯƠNG 2: ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA HỆ THỐNG NGUỒN ĐIỆN	14
2.1. Yêu cầu đề bài.....	14
2.1.1. Mô tả bài toán	14
2.1.2. Sinh viên cần tìm hiểu	14
2.2. Mục đích bài toán.....	14
2.3. Cơ sở lý thuyết	15
2.3.1 Các khái niệm cơ bản về hệ thống nguồn điện.....	15
2.3.2 Khái niệm phân phối chuẩn và phân phối nhị thức	16
2.4. Tính toán	20
2.4.1 Tổng quát hóa	20
2.4.2 Lời giải chi tiết.....	23
2.4.3 Áp dụng xấp xỉ phân phối chuẩn	35
2.4.4 Áp dụng tính toán bằng code Python	38

PHẦN KẾT LUẬN	43
TÀI LIỆU THAM KHẢO	44

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1: Các module trong thư viện Scipy	11
Bảng 2: Bảng phân phối xác suất cho các trường hợp của i.....	21
Bảng 3: Kết quả các trường hợp của σ	24
Bảng 4: Bảng kết quả trường hợp -3σ	27
Bảng 5: Bảng kết quả trường hợp -2σ	28
Bảng 6: Bảng kết quả trường hợp $-\sigma$	30
Bảng 7: Bảng kết quả trường hợp 0σ	31
Bảng 8: Bảng kết quả trường hợp σ	32
Bảng 9: Bảng kết quả trường hợp 2σ	33
Bảng 10: Bảng kết quả trường hợp 3σ	35
Bảng 11: Bảng kết quả các trường hợp	37

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1: Đồ thị diện áp chọc thủng	2
Hình 2: Hàm mật độ xác suất.....	4
Hình 3: Hàm phân phối tích lũy.....	5
Hình 4: Bảng giá trị tới hạn Student.....	6
Hình 5: Bảng tóm tắt các công thức tính toán	7
Hình 6: Đọc bảng số liệu từ file excel	12
Hình 7: Kiểm tra dữ liệu và mô tả đặc trưng thống kê sơ lược.....	12
Hình 8: Chương trình tính khoảng tin cậy	13
Hình 9: Kết quả bài 1	13
Hình 10: Đặc tính tải trong năm	14
Hình 11: Đồ thị phân phối chuẩn (μ, σ).....	17
Hình 12: Mô tả phân phối chuẩn	18
Hình 13: Mô tả phân phối nhị thức.....	19
Hình 14: Trường hợp $P \geq P_{\max}$	22
Hình 15: Trường hợp $P_{\min} < P < P_{\max}$	22
Hình 16: Trường hợp $P \leq P_{\min}$	23
Hình 17: Bảng xấp xỉ phân phối chuẩn.....	36
Hình 18: Chương trình in ra thông số đề bài.....	38
Hình 19: Chương trình tính toán các trường hợp	39
Hình 20: Kết quả trường hợp -3σ	39
Hình 21: Kết quả LOLE LOEE	39
Hình 22: Chương trình vẽ đặc tính tải.....	40
Hình 23: Đường đặc tính tải.....	40
Hình 24: Chương trình xấp xỉ phối chuẩn.....	41
Hình 25: Chương trình lưu kết quả vào excel	41
Hình 26: Kết quả Excel_1.....	42
Hình 27: Kết quả Excel_2.....	42

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tên đầy đủ
MS Excel	MicroSoft Excel
FOR	Forced Outaged Rate
LOLP	Load Of Load Probability
LOLE	Load Of Load Expectation
LOEE	Loss Of Energy Expectation

CHƯƠNG 1. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH ĐIỆN ÁP PHÓNG ĐIỆN CHO VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN RẮN Ở ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU TẦN SỐ CÔNG NGHIỆP.

1.1. Cơ sở lý thuyết

1.1.1 Các khái niệm cơ bản về phóng điện chọc thủng điện môi rắn

1.1.1.1 Khái niệm chọc thủng điện môi rắn

Bất kì một điện môi nào khi ta tăng dần điện áp đặt trên điện môi, đến một lúc nào đó sẽ xuất hiện dòng điện có giá trị lớn chạy qua điện môi từ điện cực này sang điện cực khác khi đó điện môi mất đi tính chất cách điện của nó. Hiện tượng này là hiện tượng đánh thủng.

Trị số mà điện áp ở đó xảy ra đánh thủng điện môi được gọi là điện áp đánh thủng (U_{dt}), trị số tương ứng của cường độ điện trường là cường độ đánh thủng hay cường độ điện trường cách điện của điện môi (E_{dt})

$$E_{dt} = \frac{U_{dt}}{h} \text{ (KV/mm)} \quad ; \quad h = K \cdot \frac{U_{dm}}{E_{dt}}$$

Nghiên cứu phóng điện trong điện môi rắn khó khăn hơn môi trường lỏng và khí vì sau khi phóng điện không khôi phục lại được tính cách điện chứ không có tính thuận nghịch như môi trường khí và lỏng. Khi phóng điện trong chất rắn thì mọi điểm không giống nhau, nên cần dùng lý thuyết xác suất thông kê để tính toán.

Cường độ cách điện của điện môi rắn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: loại phân tử, loại liên kết phân tử, lượng tạp chất trong điện môi, các yếu tố môi trường: độ ẩm, nhiệt độ...

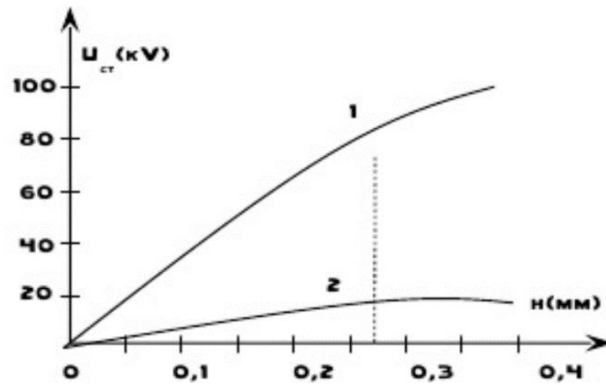
1.1.1.2 Cơ chế phóng điện trong điện môi rắn khác nhau

Cơ chế phóng điện trong điện môi rắn khác nhau tùy thuộc vào các hoàn cảnh cụ thể và được phân loại như sau:

- Phóng điện do điện trong điện môi đồng nhất:
 - + Dạng phóng điện này xảy ra tức thời và không gây tăng nhiệt ở mẫu vật liệu.

+ Dưới tác dụng của điện trường các điện tử tự do sẽ tích lũy năng lượng khi va chạm với mạng tinh thể của vật liệu sẽ giải thoát điện tử từ các mạng tinh thể đó và tiếp theo là quá trình hình thành thác điện tử và tia lửa điện...

+ Độ bền điện trong trường hợp này đạt trị số rất cao đặc biệt trong loại vật liệu có liên kết tinh thể vững chắc.



Hình 1: Đồ thị điện áp chọc thủng

Đường 1 ứng với khi điện trường đồng nhất, đường 2 khi điện trường không đồng nhất.

- Phóng điện do điện trong điện môi không đồng nhất:

+ Do chế tạo trong cách vật liệu cách điện thể rắn thường xuất hiện các khuyết tật dưới dạng bọt khí có kích thước và hình dáng khác nhau. Đặc biệt là ở các vật liệu xốp thì số lượng bọt khí rất lớn và chiếm tỷ lệ đáng kể trong toàn bộ thể tích của vật liệu.

+ Vì hằng số điện môi của chất khí bé hơn hằng số điện môi của môi trường vật liệu xung quanh nên sẽ có sự tăng cục bộ của điện trường trong các bọt khí dẫn đến các quá trình ion hóa và phóng điện cục bộ...

+ Các quá trình trên sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của phóng điện chọc thủng toàn khối điện môi và kết quả là độ bền điện giảm đi rất nhiều so với các điện môi có kết cấu đồng nhất.

- Phóng điện do nguyên nhân điện hoá:

+ Dạng phóng điện này chỉ xuất hiện trong trường hợp khi vật liệu cách điện làm việc trong môi trường có nhiệt độ và độ ẩm cao. Quá trình điện phân phát triển trong nội bộ vật liệu sẽ làm giảm điện trở cách điện. Sự biến đổi này là không thuận nghịch nghĩa là phẩm chất cách điện không thể phục hồi được.

+ Đó là hiện tượng biến già của điện môi trong điện trường, độ bền điện giảm dần dần và cuối cùng điện môi bị chọc thủng ở điện áp thấp hơn nhiều so với trường hợp phóng do điện.

- Phóng điện do nguyên nhân điện nhiệt:

+ Phóng điện do nguyên nhân điện- nhiệt được biểu hiện bởi sự phóng điện có kèm theo tăng nhiệt độ ở mẫu vật liệu. Dưới tác dụng của điện trường tồn hao trong điện môi sẽ nung nóng vật liệu và khi cường độ điện trường đạt tới giới hạn nào đó thì nhiệt độ sẽ tăng cao tới mức đủ để gây nên các phân hủy do nhiệt và biến dạng cơ học trong nội bộ điện môi.

+ Những biến đổi này sẽ làm tăng thêm điện dẫn và do đó tổn hao điện môi càng tăng. Nhiệt độ tiếp tục tăng cao khiến cho các quá trình phân hủy do nhiệt và biến dạng cơ học càng trầm trọng thêm, cuối cùng sẽ dẫn đến phóng điện chọc thủng.

1.1.2. Cơ sở lý thuyết về phân phối Student

1.1.2.1 Khái niệm

Phân phối Student còn được gọi là phân phối T hay phân phối T Student, trong tiếng anh là T Distribution hay Student's t-distribution.

Phân phối Student có hình dạng đối xứng trục giữa gần giống với phân phối chuẩn. Khác biệt ở chỗ phần đuôi nếu trường hợp có nhiều giá trị trung bình phân phối xa hơn sẽ khiến đồ thị dài và nặng. Phân phối Student thường ứng dụng để mô tả các mẫu khác nhau trong khi phân phối chuẩn lại dùng trong mô tả tổng thể. Do đó, khi dùng để mô tả mẫu càng lớn thì hình dạng của 2 phân phối càng giống nhau.

1.1.2.2 Ứng dụng

Phân phối Student thường được dùng rộng rãi trong việc suy luận phương sai tổng thể khi có giả thiết tổng thể phân phối chuẩn, đặc biệt khi cỡ mẫu càng nhỏ thì độ chính xác càng cao. Ngoài ra, còn được ứng dụng trong kiểm định giả thiết về trung bình khi chưa biết phương sai tổng thể là bao nhiêu.

Phân phối này được ứng dụng trong cả xác suất thống kê và kinh tế lượng.

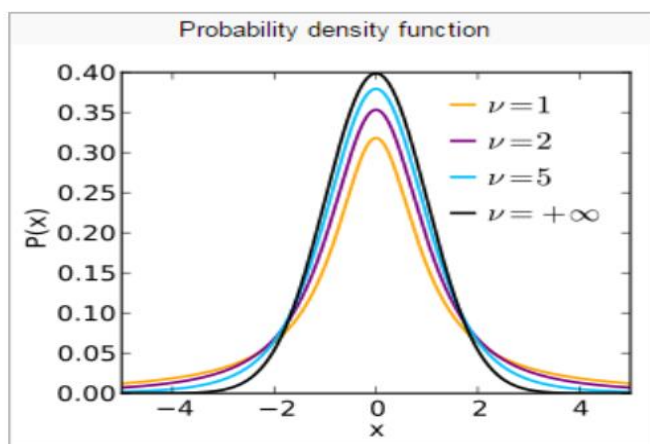
1.1.2.3 Tính chất

Nếu như $Y \sim N(0,1)$; $Z \sim X^2(k)$ và độc lập với Y thì $X = \frac{Y}{\sqrt{\frac{Z}{k}}} \sim T(k)$. Trong trường hợp này phân phối Student có:

- Hình dạng đối xứng gần giống phân phối chuẩn hóa.
- Khi cỡ mẫu càng lớn càng giống phân phối chuẩn hóa.
- Cỡ mẫu càng nhỏ, phần đuôi càng nặng và xa hơn.

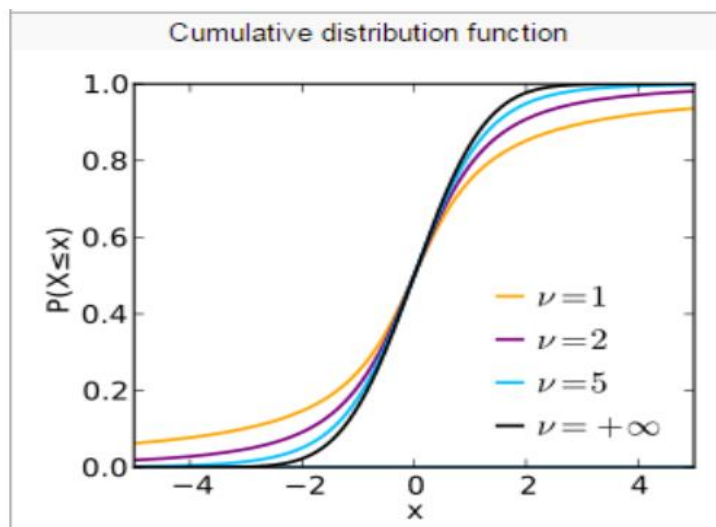
$$\text{Hàm mật độ: } f(x) = \frac{T\left(\frac{k+1}{2}\right)}{\sqrt{nk}T\left(\frac{k}{2}\right)\left(1+\frac{z^2}{k}\right)^{\frac{k+1}{2}}}, x \in R$$

Trung bình: $\mu = 0$



Hình 2: Hàm mật độ xác suất

$$\text{Phương sai: } \sigma^2 = \frac{k}{k-2}; k \geq 2$$



Hình 3: Hàm phân phối tích lũy

1.1.3. Cách xác định khoảng tin cậy

Bảng giá trị tới hạn Student $t_{\alpha}(n)$

Ghi chú: n là số bậc tự do

Ví dụ: $t_{0.025}(9) = 2.262$

Ý nghĩa: $T \sim t(9)$: $P(T > 2.262) = 0.025$



n/α	0.005	0.01	0.015	0.02	0.025	0.03	0.04	0.05	0.1
1	63.657	31.821	21.205	15.895	12.706	10.579	7.916	6.314	3.078
2	9.925	6.965	5.643	4.849	4.303	3.896	3.320	2.920	1.886
3	5.841	4.541	3.896	3.482	3.182	2.951	2.605	2.353	1.638
4	4.604	3.747	3.298	2.999	2.776	2.601	2.333	2.132	1.533
5	4.032	3.365	3.003	2.757	2.571	2.422	2.191	2.015	1.476
6	3.707	3.143	2.829	2.612	2.447	2.313	2.104	1.943	1.440
7	3.499	2.998	2.715	2.517	2.365	2.241	2.046	1.895	1.415
8	3.355	2.896	2.634	2.449	2.306	2.189	2.004	1.860	1.397
9	3.250	2.821	2.574	2.398	2.262	2.150	1.973	1.833	1.383
10	3.169	2.764	2.527	2.359	2.228	2.120	1.948	1.812	1.372
11	3.106	2.718	2.491	2.328	2.201	2.096	1.928	1.796	1.363
12	3.055	2.681	2.461	2.303	2.179	2.076	1.912	1.782	1.356
13	3.012	2.650	2.436	2.282	2.160	2.060	1.899	1.771	1.350
14	2.977	2.624	2.415	2.264	2.145	2.046	1.887	1.761	1.345
15	2.947	2.602	2.397	2.249	2.131	2.034	1.878	1.753	1.341
16	2.921	2.583	2.382	2.235	2.120	2.024	1.869	1.746	1.337
17	2.898	2.567	2.368	2.224	2.110	2.015	1.862	1.740	1.333
18	2.878	2.552	2.356	2.214	2.101	2.007	1.855	1.734	1.330
19	2.861	2.539	2.346	2.205	2.093	2.000	1.850	1.729	1.328
20	2.845	2.528	2.336	2.197	2.086	1.994	1.844	1.725	1.325
21	2.831	2.518	2.328	2.189	2.080	1.988	1.840	1.721	1.323
22	2.819	2.508	2.320	2.183	2.074	1.983	1.835	1.717	1.321
23	2.807	2.500	2.313	2.177	2.069	1.978	1.832	1.714	1.319
24	2.797	2.492	2.307	2.172	2.064	1.974	1.828	1.711	1.318
25	2.787	2.485	2.301	2.167	2.060	1.970	1.825	1.708	1.316
26	2.779	2.479	2.296	2.162	2.056	1.967	1.822	1.706	1.315
27	2.771	2.473	2.291	2.158	2.052	1.963	1.819	1.703	1.314
28	2.763	2.467	2.286	2.154	2.048	1.960	1.817	1.701	1.313
29	2.756	2.462	2.282	2.150	2.045	1.957	1.814	1.699	1.311
30	2.750	2.457	2.278	2.147	2.042	1.955	1.812	1.697	1.310
31	2.744	2.453	2.275	2.144	2.040	1.952	1.810	1.696	1.309
32	2.738	2.449	2.271	2.141	2.037	1.950	1.808	1.694	1.309
33	2.733	2.445	2.268	2.138	2.035	1.948	1.806	1.692	1.308
34	2.728	2.441	2.265	2.136	2.032	1.946	1.805	1.691	1.307
35	2.724	2.438	2.262	2.133	2.030	1.944	1.803	1.690	1.306
36	2.719	2.434	2.260	2.131	2.028	1.942	1.802	1.688	1.306
37	2.715	2.431	2.257	2.129	2.026	1.940	1.800	1.687	1.305
38	2.712	2.429	2.255	2.127	2.024	1.939	1.799	1.686	1.304
39	2.708	2.426	2.252	2.125	2.023	1.937	1.798	1.685	1.304
40	2.704	2.423	2.250	2.123	2.021	1.936	1.796	1.684	1.303
41	2.701	2.421	2.248	2.121	2.020	1.934	1.795	1.683	1.303
42	2.698	2.418	2.246	2.120	2.018	1.933	1.794	1.682	1.302
43	2.695	2.416	2.244	2.118	2.017	1.932	1.793	1.681	1.302

Hình 4: Bảng giá trị tới hạn Student

Ước lượng trung bình tối đa, sử dụng bảng phân vị trái Student:

$$\alpha_1 = \alpha; \alpha_2 = 0; -\infty < \alpha < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$$

Ước lượng trung bình tối thiểu, sử dụng bảng phân vị phải Student:

$$\alpha_1 = 0; \alpha_2 = \alpha; \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) < \alpha < +\infty$$

Ước lượng trung bình đôi xứng, sử dụng bảng phân vị Student đôi xứng:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\alpha}{2}; \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) < \alpha < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$$

Độ chính xác: $\varepsilon = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$

Độ dài khoảng ước lượng đôi xứng $I = 2\varepsilon$

Trong đó: s: Độ lệch mẫu hiệu chỉnh.

n: kích thước mẫu.

$t_{\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)}$: tra bảng Student, cột $\frac{\alpha}{2}$, dòng (n-1).

Khoảng ước lượng đôi xứng: $(\bar{x} - \varepsilon; \bar{x} + \varepsilon)$, với \bar{x} là trung bình mẫu.

Ứng với các dạng bài toán tìm khoảng tin cậy, ta có bảng tóm tắt các công thức sau:

Tham số cần ước lượng	Phân bố của tổng thể	Thông tin bổ sung	Khoảng tin cậy khi chọn $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha/2$
Tỉ lệ p (xác suất)	Nhị thức B(1, p)	Mẫu lớn (n ≥ 30)	$(F \pm \varepsilon); \quad \varepsilon = z_{\alpha} \cdot \frac{\sqrt{f(1-f)}}{\sqrt{n}}$
Trung bình μ	Chuẩn N(a, σ^2) (1)	σ^2 chưa biết n < 30 <i>Nếu n lớn, dùng trường hợp này hoặc trường hợp (3)</i>	$(\bar{X} \pm \varepsilon) \quad \varepsilon = t_{\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$
	Chuẩn N(a, σ^2) (2)	σ^2 đã biết	$(\bar{X} \pm \varepsilon); \quad \varepsilon = z_{\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
	Bất kỳ (3)	Mẫu lớn (n ≥ 30) <i>Nếu chưa biết σ^2 thì dùng s^2 thay thế</i>	$(\bar{X} \pm \varepsilon); \quad \varepsilon = z_{\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
Phương sai σ^2	Chuẩn N(a, σ^2)	σ chưa biết	$\left(\frac{(n-1)s^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}}^2(n-1)}, \frac{(n-1)s^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}}^2(n-1)} \right)$

Hình 5: Bảng tóm tắt các công thức tính toán

+ Đối với trường hợp $n > 30$, phân phối Student xấp xỉ phân phối Chuẩn tắc.

1.2. Lời giải tính tay

Ta có:

Điện áp phóng điện chọc thủng trung bình của giấy cách điện:

$$\begin{aligned}\overline{U_{pd}} &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} U_{pd_i} = \frac{U_{pd_1} + U_{pd_2} + U_{pd_3} + \dots + U_{pd_{14}} + U_{pd_{15}}}{15} \\ &= \frac{2.612 + 2.855 + 2.078 + \dots + 2.777 + 2.754}{15} \\ &= 2.672 \text{ (kV)}\end{aligned}$$

Phương sai mẫu hiệu chỉnh điện áp chọc thủng:

$$\begin{aligned}S^2 &= \sum_{i=1}^{15} \frac{(U_{pd_i} - \overline{U_{pd}})^2}{n - 1} \\ &= \frac{(2.612 - 2.672)^2 + (2.855 - 2.672)^2 + (2.078 - 2.672)^2 + \dots + (2.754 - 2.672)^2}{15 - 1} \\ &= 0.05928 \text{ (kV)}^2\end{aligned}$$

Độ lệch mẫu hiệu chỉnh điện áp chọc thủng:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0.05928} \approx 0.24347 \text{ (kV)}$$

Độ tin cậy: $1 - \alpha = 0.97 \Rightarrow \alpha = 0.03$

Kích thước mẫu: $n = 15 < 30$ nên ta dùng phân phối Student để ước lượng khoảng phóng điện chọc thủng với sai số ε

$$\text{Sai số của điện áp phóng điện chọc thủng } \varepsilon = \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}}(n - 1) = \frac{0.24347}{\sqrt{15}} \cdot t_{0.015}(14)$$

Tra bảng phân phối Student ta được $t_{0.015}(14) = 2.415$

$$\rightarrow \varepsilon = \frac{0.24347}{\sqrt{15}} \cdot 2.415 = 0.1518 \text{ (kV)}$$

Vậy khoảng phóng điện chọc thủng của mẫu điện môi với độ tin cậy 97% là:

$$\overline{U_{pd}} - \varepsilon < U_{pd} < \overline{U_{pd}} + \varepsilon$$
$$\Leftrightarrow 2.5202 \text{ (kV)} < U_{pd} < 2.8238 \text{ (kV)} \text{ hay } U_{pd} \in (2.5202; 2.8238) \text{ (kV)}$$

1.3. Tính toán bằng code

1.3.1. Giới thiệu các thư viện sử dụng

1.3.1.1 Thư viện pandas

Thư viện pandas trong python là một thư viện mã nguồn mở, hỗ trợ đắc lực trong thao tác dữ liệu. Đây cũng là bộ công cụ phân tích và xử lý dữ liệu mạnh mẽ của ngôn ngữ lập trình python. Thư viện này được sử dụng rộng rãi trong cả nghiên cứu lẫn phát triển các ứng dụng về khoa học dữ liệu. Thư viện này sử dụng một cấu trúc dữ liệu riêng là Dataframe. Pandas cung cấp rất nhiều chức năng xử lý và làm việc trên cấu trúc dữ liệu này. Chính sự linh hoạt và hiệu quả đã khiến cho pandas được sử dụng rộng rãi.

Tại sao lại dùng thư viện pandas?

- DataFrame đem lại sự linh hoạt và hiệu quả trong thao tác dữ liệu và lập chỉ mục;
- Là một công cụ cho phép đọc/ ghi dữ liệu giữa bộ nhớ và nhiều định dạng file: csv, text, excel, sql database, hdf5;
- Liên kết dữ liệu thông minh, xử lý được trường hợp dữ liệu bị thiếu. Tự động đưa dữ liệu lộn xộn về dạng có cấu trúc;
- Dễ dàng thay đổi bố cục của dữ liệu;
- Tích hợp cơ chế trượt, lập chỉ mục, lấy ra tập con từ tập dữ liệu lớn.
- Có thể thêm, xóa các cột dữ liệu;
- Tập hợp hoặc thay đổi dữ liệu với *group by* cho phép bạn thực hiện các toán tử trên tập dữ liệu;
- Hiệu quả cao trong trộn và kết hợp các tập dữ liệu;

- Lập chỉ mục theo các chiều của dữ liệu giúp thao tác giữa dữ liệu cao chiều và dữ liệu thấp chiều;
- Tối ưu về hiệu năng;
- Pandas được sử dụng rộng rãi trong cả học thuật và thương mại. Bao gồm thống kê, thương mại, phân tích, quảng cáo, ...

1.2.3.2. Thư viện Scipy

SciPy là 1 thư viện phần mềm cho engineering và khoa học. SciPy gồm các modules cho đại số tuyến tính, optimization, tích hợp và thống kê. Chức năng chính của thư viện SciPy được xây dựng trên NumPy, và arrays của nó sẽ tận dụng tối đa NumPy. Nó mang đến rất nhiều hoạt động hữu ích liên quan đến số như tích hợp số, optimization... qua các submodules chuyên biệt. Các hàm trong tất cả các submodules của SciPy đều được document tốt.

SciPy có một gói dành riêng cho các hàm thống kê, đại số tuyến tính, phân cụm dữ liệu, xử lý hình ảnh và tín hiệu, cho ma trận, để tích hợp và phân biệt, v.v. Dưới đây là một số ví dụ:

Gói con	Miêu tả
cluster	Thuật toán phân cụm (Clustering Algorithms)
constants	Các hằng số toán học và vật lý
fftpack	Hàm biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform)
integrate	Giải phương trình vi phân và tích phân
interpolate	Nội suy và làm mịn spline
io	Đầu vào và đầu ra

linalg	Đại số tuyến tính
ndimage	Xử lý ảnh N chiều
odr	Hồi quy khoảng cách trực giao
optimize	Tối ưu hóa và chương trình root-finding
signal	Xử lý tín hiệu
sparse	Ma trận sparse và các đoạn chương trình liên quan
spatial	Các cấu trúc dữ liệu không gian và thuật toán
special	Các hàm toán học đặc biệt
stats	Các hàm và phân phối thống kê

Bảng 1: Các module trong thư viện Scipy

Trong bài 1, ta sử dụng module `scipy.stats` để thực hiện tính toán các hàm thống kê

1.3.2. Thực hiện

BÀI 1

```
In [2]: #Import thư viện
import pandas as pd
import scipy.stats as st
import numpy as np

In [3]: # Đọc file dữ liệu từ máy tính
data = pd.read_excel("D:\XSTK\Bai1.xlsx")
data
```

```
Out[3]:
```

	N	Utd
0	1	2.612
1	2	2.855
2	3	2.078
3	4	2.650
4	5	2.666
5	6	2.556
6	7	2.246
7	8	2.818
8	9	2.845
9	10	2.743
10	11	2.670
11	12	3.081
12	13	2.729
13	14	2.777
14	15	2.754

Hình 6: Đọc bảng số liệu từ file excel

```
In [5]: # Kiểm tra dữ liệu bị thiếu
data.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 15 entries, 0 to 14
Data columns (total 2 columns):
#   Column  Non-Null Count  Dtype  
---  --
0    N        15 non-null    int64  
1    Utd       15 non-null    float64
dtypes: float64(1), int64(1)
memory usage: 368.0 bytes
```

```
In [6]: # Mô tả sơ lược về mẫu dữ liệu
data.describe()
```

```
Out[6]:
```

	N	Utd
count	15.000000	15.000000
mean	8.000000	2.672000
std	4.472136	0.243479
min	1.000000	2.078000
25%	4.500000	2.631000
50%	8.000000	2.729000
75%	11.500000	2.797500
max	15.000000	3.081000

Hình 7: Kiểm tra dữ liệu và mô tả đặc trưng thống kê sơ lược

```
In [19]: from scipy.stats import t
# Lấy dữ liệu của cột U_td để tính toán
U_val = data["Utd"].values
print("Giá trị của các hiệu điện thế đo được:\n", U_val)

Giá trị của các hiệu điện thế đo được:
[2.612 2.855 2.078 2.65 2.666 2.556 2.246 2.818 2.845 2.743 2.67 3.081
 2.729 2.777 2.754]

In [33]: # Hàm xác định khoảng tin cậy, kết quả trả về giá trị trung bình (mean) và độ chính xác (h)
def m_confidence_interval(data,alpha):
    """
    data: input data to function
    alpha: confidence coefficient
    """
    len_n = len(data)
    mean, std_err = np.mean(data), st.sem(data)
    h = std_err* t.ppf((1+alpha)/2.,len_n-1)
    return mean, h
```

Giải thích

np.mean(data): Tính giá trị trung bình của data

st.sem(data): Tính sai số chuẩn của data, tức là tính $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$.

t.ppf(): Tính giá trị của T_α từ bảng phân phối của phân phối Student, ở đây ta có $T_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$

Hình 8: Chương trình tính khoảng tin cậy

Giải thích

np.mean(data): Tính giá trị trung bình của data

st.sem(data): Tính sai số chuẩn của data, tức là tính $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$.

t.ppf(): Tính giá trị của T_α từ bảng phân phối của phân phối Student, ở đây ta có $T_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$

```
In [34]: # Gọi hàm
alpha = 0.97
mean_Utd, e = m_confidence_interval(U_val, alpha)

In [35]: print("Điện áp phóng điện trung bình trong 15 lần đo: {} (V)".format(mean_Utd))

Điện áp phóng điện trung bình trong 15 lần đo: 2.6719999999999997 (V)

In [36]: print("Độ chính xác của phép đo: e = {}".format(e))

Độ chính xác của phép đo: e = 0.1518147656587077

In [37]: print("Khoảng phóng điện chọc thủng của mẫu điện môi với độ tin cậy {} % là: ({} , {}) (V)"
          .format(alpha*100,mean_Utd-e,mean_Utd+e))

Khoảng phóng điện chọc thủng của mẫu điện môi với độ tin cậy 97.0 % là: (2.520185234341292, 2.8238147656587076) (V)
```

Hình 9: Kết quả bài 1

CHƯƠNG 2: ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA HỆ THỐNG NGUỒN ĐIỆN

2.1. Yêu cầu đề bài

2.1.1. Mô tả bài toán

Hệ thống nguồn điện gồm 12 tổ máy 6 MW, mỗi tổ máy có hệ số $FOR = 0.04$; dự báo phụ tải đỉnh là 60 MW với độ lệch chuẩn $\sigma = 3\%$; đường cong đặc tính tải trong năm là đường thẳng nối từ 100% đến 50% so với đỉnh như hình 2.1. Yêu cầu:

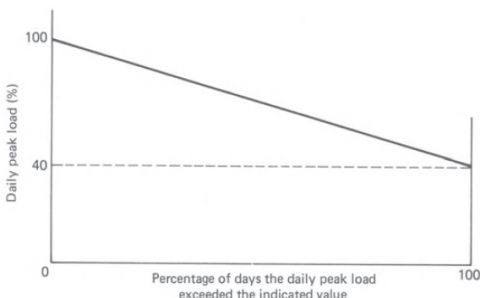
Xác định thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE (Loss of Load Expectation) trong năm

Xác định lượng điện năng kỳ vọng bị thiếu LOEE (Loss of Energy Expectation) trong năm

2.1.2. Sinh viên cần tìm hiểu

Các khái niệm cơ bản về nguồn điện (nhà máy điện), hệ số ngừng cường bức FOR, tải đỉnh, đường cong đặc tính tải.

Các kiến thức về thống kê như phân phối chuẩn và phân phối nhị thức



Hình 10: Đặc tính tải trong năm

2.2. Mục đích bài toán

Ứng dụng các kiến thức về thống kê để xác định thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE (Loss of Load Expectation) trong năm và lượng điện năng kỳ vọng bị thiếu LOEE (Loss of Energy Expectation) trong năm.

2.3. Cơ sở lý thuyết

2.3.1 Các khái niệm cơ bản về hệ thống nguồn điện

Một hệ thống điện bao gồm nguồn phát điện, đường dân truyền tải, và các tải tiêu thụ. Trong hệ thống nguồn có các máy biến áp đóng vai trò quan trọng trong việc truyền tải điện năng đi xa. Hệ thống nguồn điện có nhiệm vụ sản xuất điện và đảm bảo phân phối công suất đến các khu công nghiệp, khu dân cư. Đồng thời cũng phải đảm bảo được tính ổn định và các tiêu chuẩn chất lượng.

Hệ thống phát điện cơ bản nhất hiện nay là *Máy phát điện*.

Máy phát điện là một khái niệm để chỉ các loại máy dùng điện là nguồn hay tạo ra năng lượng điện, hoạt động theo nguyên tắc chuyển đổi năng lượng, cơ năng thành điện năng và ngược lại. Bên cạnh đó, máy điện còn có nhiệm vụ chuyển giao, biến đổi năng lượng điện, ví dụ từ điện một chiều sang điện xoay chiều, hay điện cao thế sang hạ thế và ngược lại.

FOR(Viết tắt cho Forced Outage Rate): Tỷ lệ ngắt điện cưỡng bức **FOR** là xác suất hỏng hóc của máy phát điện và nó thường được đo bằng tỷ số giờ hỏng hóc r trên tổng số giờ sử dụng và sửa chữa($m+r$). Khi **FOR** được sử dụng cho đường truyền, nó cho biết tỷ lệ hỏng hóc của đường truyền.

$$u = FOR = \frac{r}{m + r}$$

Khái niệm về phụ tải điện:

- Là hàm số của nhiều yếu tố theo thời gian $P(t)$.
- Đo bằng tổng công suất tiêu thụ của các thiết bị điện trong một thời điểm.
- Không tuân thủ theo một qui luật nhất định.
- Là một thông số quan trọng để lựa chọn các thiết bị của hệ thống điện.
- Xác định phụ tải điện (phụ tải tính toán) không chính xác xảy ra hai trường hợp:
 - +) Nhỏ hơn phụ tải thực tế thường dẫn đến các sự cố hoặc làm giảm tuổi thọ các thiết bị, là nguy cơ tiềm ẩn cho các sự cố tai nạn sau này.
 - +) Lớn hơn phụ tải thực tế sẽ gây lãng phí do các thiết bị không được khai thác, sử dụng hết công suất.

- Xác định đúng phụ tải điện (tính toán) có vai trò rất quan trọng trong thiết kế và vận hành hệ thống cung cấp điện.

Khái niệm về phụ tải đỉnh:

- Đây là phụ tải lớn nhất xuất hiện trong thời gian ngắn 1 ÷ 2 giây thường xuất hiện khi khởi động các động cơ.
- Các phương pháp xác định phụ tải điện:
 - +) Nhóm phương pháp dựa trên kinh nghiệm vận hành, thiết kế và được tổng kết lại bằng các hệ số tính toán có đặc điểm thuận lợi nhất cho việc tính toán, nhanh chóng đạt kết quả, nhưng thường cho kết quả kém chính xác.
 - +) Nhóm phương pháp dựa trên cơ sở của lý thuyết xác suất và thống kê có đặc điểm cho kết quả khá chính xác, song cách tính lại rất phức tạp.

Đường cong đặc tính tải:

- Đường cong đặc tính tải: là đường biểu diễn công suất của tải theo thời gian.
- Đồ thị phụ tải điện là quan hệ của công suất phụ tải theo thời gian và đặc trưng cho nhu cầu điện của từng thiết bị, nhóm thiết bị, phân xưởng hay xí nghiệp.
- Đồ thị phụ tải là số liệu ban đầu rất quan trọng trong thiết kế cung cấp điện.

2.3.2 Khái niệm phân phối chuẩn và phân phối nhị thức

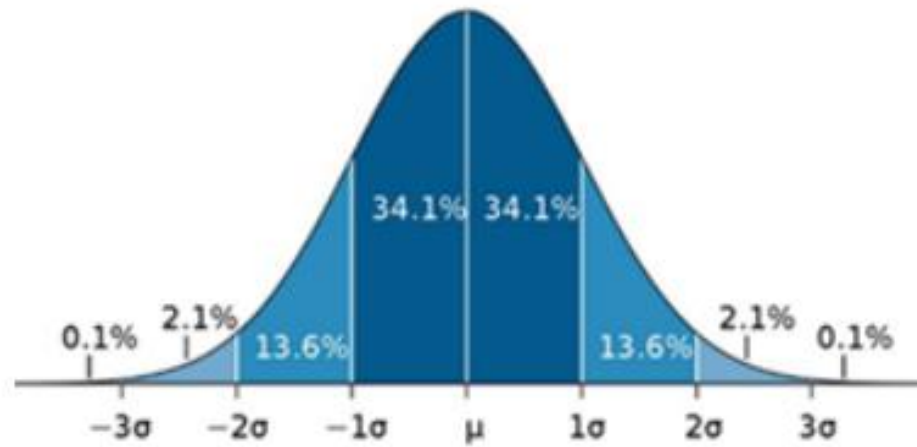
a) Phân phối chuẩn:

Phân phối chuẩn là một trong các phân phối xác suất quan trọng nhất của toán thống kê, phản ánh giá trị và mức độ phân bố của các dữ liệu đang nghiên cứu. Thế giới tự nhiên, cũng như nhiều các quy luật kinh tế xã hội tuân theo luật phân phối chuẩn này.

Ví dụ như: chỉ số thông minh IQ, chiều cao, cân nặng, chiều dài giấc ngủ của con người, sự biến động giá trị cổ phiếu trên thị trường chứng khoán, hay mức thu nhập người lao động...

Phân phối chuẩn được đặc trưng bởi hai tham số là giá trị kỳ vọng μ (Muy) còn được hiểu là giá trị trung bình, và độ lệch tiêu chuẩn σ (Sigma). Trong khi giá trị μ là mức trung bình của tất cả các dữ liệu đang nghiên cứu thì σ phản ánh mức độ đồng đều của các dữ liệu này.

Đồ thị của phân phối chuẩn có dạng hình chuông, nên đôi khi người ta còn gọi nó là phân phối **hình chuông** hay đường cong hình chuông – **Bell Curve**.



Hình 11: Đồ thị phân phối chuẩn (μ, σ)

Hàm mật độ phân phối chuẩn (Normal density probability function) có dạng tổng quát như sau:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \sigma > 0$$

Trong đó: $\pi = 3,14159...$

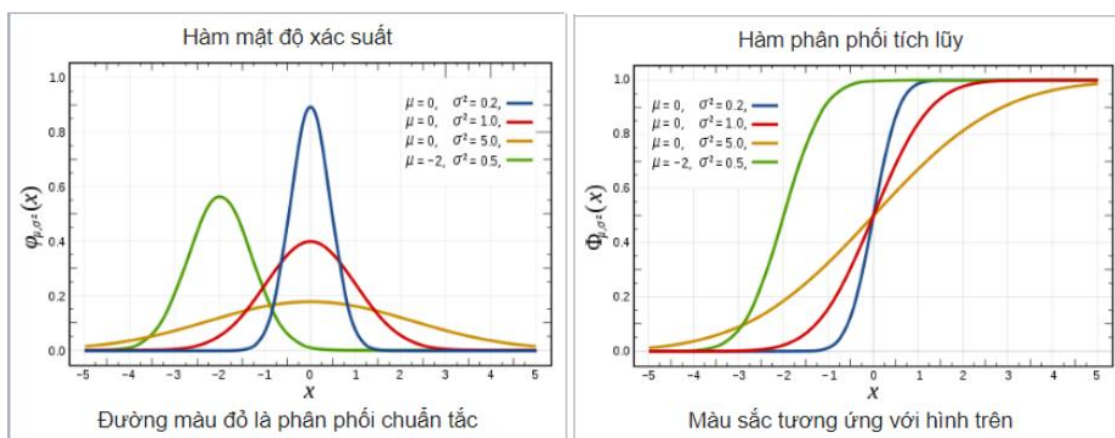
$e = 2,71828...$ (cơ số logarit Neper).

μ : trị số trung bình.

σ : độ lệch chuẩn.

Các đặc tính của phân phối chuẩn:

- Hàm mật độ xác suất.
- Hàm phân phối tích lũy.
- Hàm khởi tạo: gồm hàm khởi tạo momen, hàm đặc trưng.



Hình 12: Mô tả phân phối chuẩn

Ứng dụng:

Phân phối chuẩn là một phân phối quan trọng trong thống kê, định lý hội tụ trung tâm (central limit theorem) nói rằng phân phối của trung bình mẫu sẽ tiến tới phân phối chuẩn khi ta tăng cỡ mẫu. Phân phối chuẩn thường được dùng trong thống kê suy luận dùng suy luận trung bình tổng thể và kiểm định giả thiết thống kê.

b) Phân phối nhị thức:

Phân phối nhị thức tên tiếng Anh gọi là Binomial Distribution. Đây là một phân phối xác suất tóm tắt khả năng để một giá trị lấy một trong hai giá trị độc lập trong một tập hợp các tham số hoặc giả định nhất định. Giả định cơ sở của phân phối nhị thức là chỉ có một kết quả cho mỗi phép thử, mỗi phép thử có xác suất thành công giống nhau và những phép thử này xung khắc hay độc lập với nhau.

Ngoài ra phân phối nhị thức là một dạng phân phối rời rạc thường dùng trong thống kê, ngược lại của các dạng phân phối liên tục như phân phối chuẩn. Điều này là vì phân phối nhị thức chỉ tính đến hai trường hợp, thường được thể hiện là 1 (cho thành công) hoặc 0 (cho thất bại) trong một số lượng lần thử.

Phân phối nhị thức thể hiện xác suất để x thành công trong n phép thử, với xác suất thành công p của mỗi phép thử.

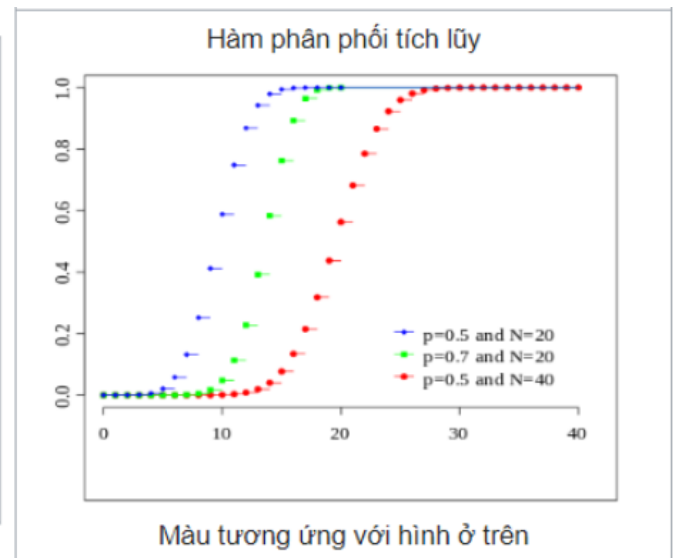
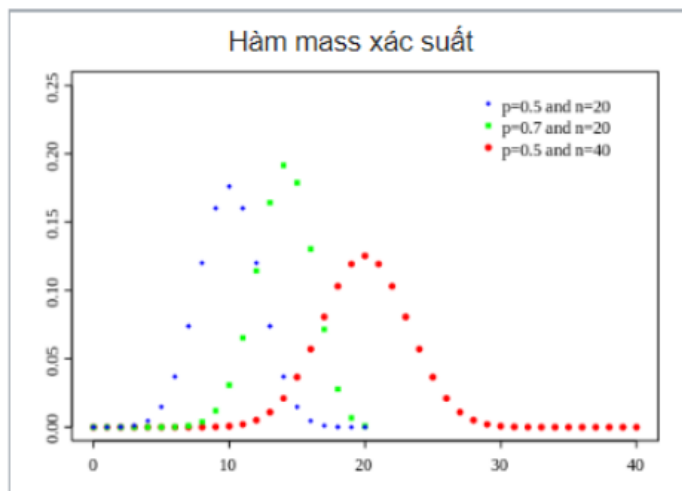
Giá trị ước tính hay giá trị trung bình của một phân phối nhị thức được tính bằng cách nhân số lần thử với xác suất thành công.

Ví dụ: Ta có giá trị ước tính của số lần tung đồng xu ra mặt ngửa trong 100 lần thử là 50, hay 100×0.5 . Một ví dụ thường gặp khác của phân phối nhị thức là ước tính số lần ném bóng thành công trong bóng rổ với giá trị 1 là vào rổ còn giá trị 0 là ném ra ngoài.

Giá trị trung bình của phân phối nhị thức là **np** .

Phương sai của phân phối nhị thức là **$np \times (1-p)$** .

- Với $p = 0,5$: phân phối sẽ cân đối quanh giá trị trung bình.
- Với $p > 0,5$: phân phối sẽ lệch về bên trái.
- Với $p < 0,5$: phân phối sẽ lệch về bên phải.



Hình 13: Mô tả phân phối nhị thức

Phân phối nhị thức được tính bằng cách nhân xác suất thành công **p** lũy thừa số lần thành công **k** với xác suất thất bại lũy thừa chênh lệch giữa số lần thử **n** và số lần thành công. Sau đó, nhân với tổ hợp giữa số lần thử và số lần thành công vì số lần thành công có thể được phân bố bất kì trong số lần thử.

Ứng với bài tập 2 chia ra làm 7 trường hợp, ta sẽ áp dụng đồ thị đánh giá độ tin cậy cho hệ thống nguồn phát, lấy từng kết quả của trường hợp nhân với xác suất tương ứng và cộng tổng lại sẽ ra được đáp án bài 2

2.4. Tính toán

2.4.1 Tổng quát hóa

Từ đề bài ta có những thông số sau:

- Hệ số ngừng cường bức FOR: **0,04**
- Công suất đặt của một tổ máy: **$P = 6 \text{ MW}$**
- Số lượng tổ máy **$n = 12$**
- Độ lệch chuẩn **$\sigma = 3\%$**
- Máy tải đỉnh **$P_{load} = 60 \text{ MW}$**
- Đặc tính tải trong năm: **$P_X = 50\%$**

Hệ số FOR là xác suất để mỗi tổ máy ngừng hoạt động. Suy ra xác suất để tổ máy hoạt động bình thường là: $A = 1 - FOR = 1 - 0.04 = 0.96$

Gọi i là số tổ máy hoạt động. Ta có xác suất để i tổ máy hoạt động bình thường theo phân phối nhị thức là:

$$p_i = C_n^i \cdot 0.96^i \cdot 0.04^{n-i}$$

Gọi P là tổng công suất phát khi có i tổ máy hoạt động bình thường trong 12 tổ máy:

$$P_i = 6i \text{ (MW)}$$

Ta có bảng phân phối xác suất có i tổ máy hoạt động:

Số tổ máy làm việc	Tổng công suất phát P_i	Xác suất i tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0.6127
11	66	0.3063
10	60	0.0702

9	54	$9.7509.10^{-3}$
8	48	$9.1414.10^{-4}$
7	42	$6.0943.10^{-5}$
6	36	$2.9625.10^{-6}$
5	30	$1.0580.10^{-7}$
4	24	$2.7553.10^{-9}$
3	18	$5.1024.10^{-11}$
2	12	$6.3780.10^{-13}$
1	6	$4.8318.10^{-15}$
0	0	$1.6777.10^{-17}$

Bảng 2: Bảng phân phối xác suất cho các trường hợp của i

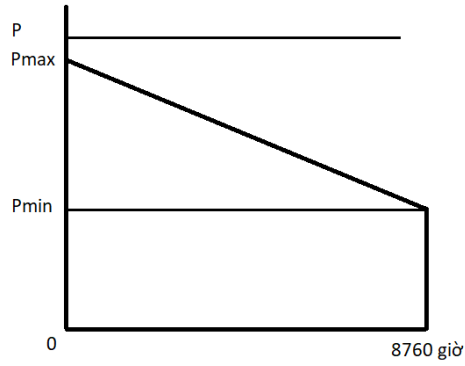
Ta gọi các tham số

- p_i : Xác suất có i tổ máy hoạt động
- P_i : Tổng công suất phát của nguồn khi có i tổ máy hoạt động.
- T_i : Thời gian thiếu hụt công suất nguồn khi có i tổ máy hoạt động
- E_i : điện năng bị thiếu hụt khi có i tổ máy hoạt động

E là phần diện tích bị giới hạn bởi đường đặc tính tải, trục tung và trục tổng công suất phát của nguồn khi có i tổ máy hoạt động. Để tính được T và E ta phải so sánh P với P_{max} và P_{min} .

Ta có 3 trường hợp sau :

TH1: $P \geq P_{max}$: Nguồn luôn cung cấp đủ công suất

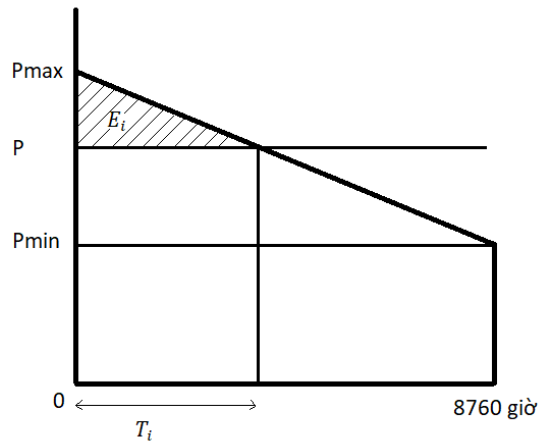


Hình 14: Trường hợp $P \geq P_{\max}$

$$T_i = 0 \text{ (giờ)}$$

$$E_i = 0 \text{ MWh}$$

TH2: $P_{\min} < P < P_{\max}$: Nguồn cung cấp thiếu công suất trong khoảng thời gian T tương ứng



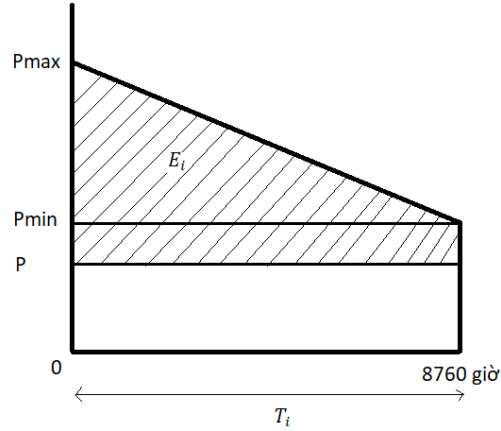
Hình 15: Trường hợp $P_{\min} < P < P_{\max}$

Thời gian của 1 năm tính theo giờ = $365.24 = 8760$ (giờ)

$$T_i = 8760 \cdot \frac{P_{\max} - P}{P_{\max} - P_{\min}} \text{ (giờ)}$$

$$E_i = \frac{1}{2} (P_{\max} - P) \cdot T_i \text{ (MWh)}$$

TH3: $P \leq P_{min}$: Nguồn luôn cung cấp thiếu công suất



Hình 16: Trường hợp $P \leq P_{min}$

$$T_i = 8760 \text{ (giờ)}$$

$$E_i = \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (P_{max} - P_{min}) + 8760 \cdot (P_{min} - P) \text{ (MWh)}$$

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$LOLE = \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i \text{ (giờ)}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$LOEE = \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i \text{ (MWh)}$$

2.4.2 Lời giải chi tiết

Dự báo phụ tải đỉnh 60 MW với độ lệch chuẩn 3% $\Rightarrow \sigma = 60.3\% = 1.8 \text{ MW}$

Ta chia thành 7 trường hợp tương ứng với các phần và tính toán như sau:

Độ lệch	$P_{load} (MW)$	$P_{max} = P_{load} + \text{Độ lệch} (MW)$	$P_{min} = P_{max} * P_x (MW)$
-3σ	60	54.6	27.3
-2σ	60	56.4	28.2
-1σ	60	58.2	29.1
0σ	60	60	30
1σ	60	61.8	30.9
2σ	60	63.6	31.8
3σ	60	65.4	32.7

Bảng 3: Kết quả các trường hợp của σ

Áp dụng các công thức đã được chứng minh ở trên vào các trường hợp ta có:

TH1: Lệch -3σ với $P_{max} = 54.6 (MW)$ và $P_{min} = 27.3 (MW)$

- Có 12 tổ máy hoạt động: $P_{12} = 72 MW > P_{max} = 54.6 MW$

$$T_{12} = 0 \text{ giờ}$$

$$E_{12} = 0 MWh$$

- Có 11 tổ máy hoạt động: $P_{11} = 66 MW > P_{max} = 54.6 MW$

$$T_{11} = 0 \text{ giờ}$$

$$E_{11} = 0 MWh$$

- Có 10 tổ máy hoạt động: $P_{10} = 60 MW > P_{max} = 54.6 MW$

$$T_{10} = 0 \text{ giờ}$$

$$E_{10} = 0 MWh$$

- Có 9 tổ máy hoạt động: $P_{min} = 27.3 MW < P_9 = 54 MW < P_{max} = 54.6 MW$

$$T_9 = 8760 \cdot \frac{P_{max} - P_9}{P_{max} - P_{min}} = 8760 \cdot \frac{54.6 - 54}{54.6 - 27.3} = 192.5275 \text{ (giờ)}$$

$$E_9 = \frac{1}{2}(P_{max} - P_9).T_9 = \frac{1}{2}(54.6 - 54).192.5275 = 57.7582 \text{ (MWh)}$$

- Có 8 tổ máy hoạt động: $P_{min} = 27.3 \text{ MW} < P_8 = 48 \text{ MW} < P_{max} = 54.6 \text{ MW}$

$$T_8 = 8760 \cdot \frac{P_{max} - P_8}{P_{max} - P_{min}} = 8760 \cdot \frac{54.6 - 48}{54.6 - 27.3} = 2117.8022 \text{ (giờ)}$$

$$E_8 = \frac{1}{2}(P_{max} - P_8).T_8 = \frac{1}{2}(54.6 - 48).2117.8022 = 6988.7473 \text{ (MWh)}$$

- Có 7 tổ máy hoạt động: $P_{min} = 27.3 \text{ MW} < P_7 = 42 \text{ MW} < P_{max} = 54.6 \text{ MW}$

$$T_7 = 8760 \cdot \frac{P_{max} - P_7}{P_{max} - P_{min}} = 8760 \cdot \frac{54.6 - 42}{54.6 - 27.3} = 4043.0769 \text{ (giờ)}$$

$$E_7 = \frac{1}{2}(P_{max} - P_7).T_7 = \frac{1}{2}(54.6 - 42).4043.0769 = 25471.3846 \text{ (MWh)}$$

- Có 6 tổ máy hoạt động: $P_{min} = 27.3 \text{ MW} < P_6 = 36 \text{ MW} < P_{max} = 54.6 \text{ MW}$

$$T_6 = 8760 \cdot \frac{P_{max} - P_6}{P_{max} - P_{min}} = 8760 \cdot \frac{54.6 - 36}{54.6 - 27.3} = 5968.3516 \text{ (giờ)}$$

$$E_6 = \frac{1}{2}(P_{max} - P_6).T_6 = \frac{1}{2}(54.6 - 36).5968.3516 = 55505.6703 \text{ (MWh)}$$

- Có 5 tổ máy hoạt động: $P_{min} = 27.3 \text{ MW} < P_5 = 30 \text{ MW} < P_{max} = 54.6 \text{ MW}$

$$T_5 = 8760 \cdot \frac{P_{max} - P_5}{P_{max} - P_{min}} = 8760 \cdot \frac{54.6 - 30}{54.6 - 27.3} = 7893.6264 \text{ (giờ)}$$

$$E_5 = \frac{1}{2}(P_{max} - P_5).T_5 = \frac{1}{2}(54.6 - 30).7893.6264 = 97091.6044 \text{ (MWh)}$$

- Có 4 tổ máy hoạt động: $P_4 = 24 \text{ MW} < P_{min} = 27.3 \text{ MW}$

$$T_4 = 8760 \text{ giờ}$$

$$\begin{aligned}
E_4 &= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (P_{max} - P_{min}) + 8760(P_{min} - P_4) \\
&= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (54.6 - 27.3) + 8760(27.3 - 24) = 148482 \text{ (MWh)}
\end{aligned}$$

- Có 3 tổ máy hoạt động: $P_3 = 18 \text{ MW} < P_{min} = 27.3 \text{ MW}$

$$T_3 = 8760 \text{ giờ}$$

$$\begin{aligned}
E_3 &= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (P_{max} - P_{min}) + 8760(P_{min} - P_3) \\
&= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (54.6 - 27.3) + 8760(27.3 - 18) = 201042 \text{ (MWh)}
\end{aligned}$$

- Có 2 tổ máy hoạt động: $P_2 = 12 \text{ MW} < P_{min} = 27.3 \text{ MW}$

$$T_2 = 8760 \text{ giờ}$$

$$\begin{aligned}
E_2 &= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (P_{max} - P_{min}) + 8760(P_{min} - P_2) \\
&= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (54.6 - 27.3) + 8760(27.3 - 12) = 253602 \text{ (MWh)}
\end{aligned}$$

- Có 1 tổ máy hoạt động: $P_1 = 6 \text{ MW} < P_{min} = 27.3 \text{ MW}$

$$T_1 = 8760 \text{ giờ}$$

$$\begin{aligned}
E_1 &= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (P_{max} - P_{min}) + 8760(P_{min} - P_1) \\
&= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (54.6 - 27.3) + 8760(27.3 - 6) = 306162 \text{ (MWh)}
\end{aligned}$$

- Có 0 tổ máy hoạt động: $P_0 = 0 \text{ MW} < P_{min} = 27.3 \text{ MW}$

$$T_0 = 8760 \text{ giờ}$$

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (P_{max} - P_{min}) + 8760(P_{min} - P_0)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 8760 \cdot (54.6 - 27.3) + 8760(27.3 - 0) = 358722 \text{ (MWh)}$$

Số tổ máy hoạt động	Tổng công suất phát P_i (MW)	Thời gian thiếu hụt T_i (giờ)	Điện năng thiếu hụt E_i (MWh)	Xác suất k tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0	0	0.6127
11	66	0	0	0.3063
10	60	0	0	0.0702
9	54	192.5275	57.7582	$9.7509 \cdot 10^{-3}$
8	48	2117.8022	6988.7473	$9.1414 \cdot 10^{-4}$
7	42	4043.0769	25471.3846	$6.0943 \cdot 10^{-5}$
6	36	5968.3516	55505.6703	$2.9625 \cdot 10^{-6}$
5	30	7893.6264	97091.6044	$1.0580 \cdot 10^{-7}$
4	24	8760	148482	$2.7553 \cdot 10^{-9}$
3	18	8760	201042	$5.1024 \cdot 10^{-11}$
2	12	8760	253602	$6.3780 \cdot 10^{-13}$
1	6	8760	306162	$4.8318 \cdot 10^{-15}$
0	0	8760	358722	$1.6777 \cdot 10^{-17}$

Bảng 4: Bảng kết quả trường hợp -3σ

Từ bảng tổng kết trên ta có thể tính được:

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$LOLE = \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i$$

$$= 8760 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 8760 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127)$$

$$\approx 4.07822 \text{ (giờ)}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$\begin{aligned}
 LOEE &= \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i \\
 &= 358722 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 306162 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 8.6793 \text{ (MWh)}
 \end{aligned}$$

Bằng phương pháp giải trên, ta giải tương tự đối với các trường hợp còn lại:

TH2: Lệch -2σ với $P_{max} = 56.4 \text{ (MW)}$ và $P_{min} = 28.2 \text{ (MW)}$

Số tổ máy hoạt động	Tổng công suất phát P_i (MW)	Thời gian thiếu hụt T_i (giờ)	Điện năng thiếu hụt E_i (MWh)	Xác suất k tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0	0	0.6127
11	66	0	0	0.3063
10	60	0	0	0.0702
9	54	745.5319	894.6383	$9.7509 \cdot 10^{-3}$
8	48	2609.3617	10959.3191	$9.1414 \cdot 10^{-4}$
7	42	4473.1915	32206.9787	$6.0943 \cdot 10^{-5}$
6	36	6337.0213	64637.6170	$2.9625 \cdot 10^{-6}$
5	30	8200.8511	108251.2340	$1.0580 \cdot 10^{-7}$
4	24	8760	160308	$2.7553 \cdot 10^{-9}$
3	18	8760	212868	$5.1024 \cdot 10^{-11}$
2	12	8760	265428	$6.3780 \cdot 10^{-13}$
1	6	8760	317988	$4.8318 \cdot 10^{-15}$
0	0	8760	370548	$1.6777 \cdot 10^{-17}$

Bảng 5: Bảng kết quả trường hợp -2σ

Từ bảng tổng kết trên ta có thể tính được:

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$\begin{aligned}
 LOLE &= \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i \\
 &= 8760 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 8760 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 9.9472 \text{ (giờ)}
 \end{aligned}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$\begin{aligned}
 LOEE &= \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i \\
 &= 370548 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 317988 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 20.9081 \text{ (MWh)}
 \end{aligned}$$

TH3: Lệnh -1σ với $P_{max} = 58.2 \text{ (MW)}$ và $P_{min} = 29.1 \text{ (MW)}$

Số tổ máy hoạt động	Tổng công suất phát P_i (MW)	Thời gian thiếu hụt T_i (giờ)	Điện năng thiếu hụt E_i (MWh)	Xác suất k tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0	0	0.6127
11	66	0	0	0.3063
10	60	0	0	0.0702
9	54	1264.3299	2655.0928	$9.7509 \cdot 10^{-3}$
8	48	3070.5155	15659.6289	$9.1414 \cdot 10^{-4}$
7	42	4876.7010	39501.2783	$6.0943 \cdot 10^{-5}$
6	36	6682.8866	74180.0412	$2.9625 \cdot 10^{-6}$
5	30	8489.0722	119695.9175	$1.0580 \cdot 10^{-7}$
4	24	8760	172134	$2.7553 \cdot 10^{-9}$

3	18	8760	224694	$5.1024.10^{-11}$
2	12	8760	277254	$6.3780.10^{-13}$
1	6	8760	329814	$4.8318.10^{-15}$
0	0	8760	382374	$1.6777.10^{-17}$

Bảng 6: Bảng kết quả trường hợp $-\sigma$

Từ bảng tổng kết trên ta có thể tính được:

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$\begin{aligned}
 LOLE &= \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i \\
 &= 8760 \cdot (1.6777.10^{-17}) + 8760 \cdot (4.8318.10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 15.4531 \text{ (giờ)}
 \end{aligned}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$\begin{aligned}
 LOEE &= \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i \\
 &= 382374 \cdot (1.6777.10^{-17}) + 329814 \cdot (4.8318.10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 42.8448 \text{ (MWh)}
 \end{aligned}$$

TH4: Lệch 0σ với $P_{max} = 60 \text{ (MW)}$ và $P_{min} = 30 \text{ (MW)}$

Số tổ máy hoạt động	Tổng công suất phát P_i (MW)	Thời gian thiếu hụt T_i (giờ)	Điện năng thiếu hụt E_i (MWh)	Xác suất k tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0	0	0.6127
11	66	0	0	0.3063
10	60	0	0	0.0702
9	54	1752	5256	$9.7509.10^{-3}$

8	48	3504	21024	$9.1414.10^{-4}$
7	42	5256	47304	$6.0943.10^{-5}$
6	36	7008	84096	$2.9625.10^{-6}$
5	30	8760	131400	$1.0580.10^{-7}$
4	24	8760	183960	$2.7553.10^{-9}$
3	18	8760	236520	$5.1024.10^{-11}$
2	12	8760	289080	$6.3780.10^{-13}$
1	6	8760	341640	$4.8318.10^{-15}$
0	0	8760	394200	$1.6777.10^{-17}$

Bảng 7: Bảng kết quả trường hợp 0σ

Từ bảng tổng kết trên ta có thể tính được:

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$\begin{aligned}
 LOLE &= \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i \\
 &= 8760 \cdot (1.6777.10^{-17}) + 8760 \cdot (4.8318.10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 20.6287 \text{ (giờ)}
 \end{aligned}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$\begin{aligned}
 LOEE &= \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i \\
 &= 358722 \cdot (1.6777.10^{-17}) + 306162 \cdot (4.8318.10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 73.6160 \text{ (MWh)}
 \end{aligned}$$

TH5: Lệnh 1σ với $P_{max} = 61.8 \text{ (MW)}$ và $P_{min} = 30.9 \text{ (MW)}$

Số tổ máy hoạt động	Tổng công suất phát P_i (MW)	Thời gian thiếu hụt T_i (giờ)	Điện năng thiếu hụt E_i (MWh)	Xác suất k tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0	0	0.6127
11	66	0	0	0.3063
10	60	510.2912	459.2621	0.0702
9	54	2211.2621	8623.9223	$9.7509 \cdot 10^{-3}$
8	48	3912.2330	26994.4078	$9.1414 \cdot 10^{-4}$
7	42	5613.2038	55570.7184	$6.0943 \cdot 10^{-5}$
6	36	7314.1747	94352.8544	$2.9625 \cdot 10^{-6}$
5	30	8760	143226	$1.0580 \cdot 10^{-7}$
4	24	8760	195786	$2.7553 \cdot 10^{-9}$
3	18	8760	248346	$5.1024 \cdot 10^{-11}$
2	12	8760	300906	$6.3780 \cdot 10^{-13}$
1	6	8760	353466	$4.8318 \cdot 10^{-15}$
0	0	8760	406026	$1.6777 \cdot 10^{-17}$

Bảng 8: Bảng kết quả trường hợp σ

Từ bảng tổng kết trên ta có thể tính được:

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$\begin{aligned}
 LOLE &= \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i \\
 &= 8760 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 8760 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 61.3285 \text{ (giờ)}
 \end{aligned}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$LOEE = \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i$$

$$= 406026 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 353466 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127)$$

$$\approx 144.6926 \text{ (MWh)}$$

TH6: Lệnh 2σ với $P_{max} = 63.6 \text{ (MW)}$ và $P_{min} = 31.8 \text{ (MW)}$

Số tổ máy hoạt động	Tổng công suất phát P_i (MW)	Thời gian thiếu hụt T_i (giờ)	Điện năng thiếu hụt E_i (MWh)	Xác suất k tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0	0	0.6127
11	66	0	0	0.3063
10	60	991.6981	1785.0566	0.0702
9	54	2644.5283	12693.7358	$9.7509 \cdot 10^{-3}$
8	48	4297.3585	33519.3962	$9.1414 \cdot 10^{-4}$
7	42	5950.1887	64262.0377	$6.0943 \cdot 10^{-5}$
6	36	7603.0189	104921.6604	$2.9625 \cdot 10^{-6}$
5	30	8760	155052	$1.0580 \cdot 10^{-7}$
4	24	8760	207612	$2.7553 \cdot 10^{-9}$
3	18	8760	260172	$5.1024 \cdot 10^{-11}$
2	12	8760	312732	$6.3780 \cdot 10^{-13}$
1	6	8760	365292	$4.8318 \cdot 10^{-15}$
0	0	8760	417852	$1.6777 \cdot 10^{-17}$

Bảng 9: Bảng kết quả trường hợp 2σ

Từ bảng tổng kết trên ta có thể tính được:

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$LOLE = \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i$$

$$= 8760 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 8760 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127)$$

$$\approx 99.7245 \text{ (giờ)}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$LOEE = \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i$$

$$= 417852 \cdot (1.6777 \cdot 10^{-17}) + 365292 \cdot (4.8318 \cdot 10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127)$$

$$\approx 283.9831 \text{ (MWh)}$$

TH7: Lệnh 3σ với $P_{max} = 65.4 \text{ (MW)}$ và $P_{min} = 32.7 \text{ (MW)}$

Số tổ máy hoạt động	Tổng công suất phát P_i (MW)	Thời gian thiếu hụt T_i (giờ)	Điện năng thiếu hụt E_i (MWh)	Xác suất k tổ máy hoạt động bình thường p_i
12	72	0	0	0.6127
11	66	0	0	0.3063
10	60	1446.6055	3905.8349	0.0702
9	54	3053.9449	17407.4862	$9.7509 \cdot 10^{-3}$
8	48	4661.2844	40553.1743	$9.1414 \cdot 10^{-4}$
7	42	6268.6238	73342.8991	$6.0943 \cdot 10^{-5}$
6	36	7875.9633	115776.6605	$2.9625 \cdot 10^{-6}$
5	30	8760	166878	$1.0580 \cdot 10^{-7}$
4	24	8760	219438	$2.7553 \cdot 10^{-9}$
3	18	8760	271998	$5.1024 \cdot 10^{-11}$
2	12	8760	324558	$6.3780 \cdot 10^{-13}$

1	6	8760	377118	$4.8318.10^{-15}$
0	0	8760	429678	$1.6777.10^{-17}$

Bảng 10: Bảng kết quả trường hợp 3σ

Từ bảng tổng kết trên ta có thể tính được:

- Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE:

$$\begin{aligned}
 LOLE &= \sum_{i=0}^{12} T_i \cdot p_i \\
 &= 8760 \cdot (1.6777.10^{-17}) + 8760 \cdot (4.8318.10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 136.0069 \text{ (giờ)}
 \end{aligned}$$

- Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm LOEE:

$$\begin{aligned}
 LOEE &= \sum_{i=0}^{12} E_i \cdot p_i \\
 &= 429678 \cdot (1.6777.10^{-17}) + 377118 \cdot (4.8318.10^{-15}) + \dots + 0 \cdot (0.6127) \\
 &\approx 485.8551 \text{ (MWh)}
 \end{aligned}$$

2.4.3 Áp dụng xấp xỉ phân phối chuẩn

Dùng hàm mật độ Gauss để khảo sát các tính chất của hàm chuẩn:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}$$

Xác suất phân bố trong khoảng $(-0.5; 0.5)$ là:

$$\int_{-0.5}^{0.5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}} = 0.383$$

Xác suất phân bố trong khoảng $(0.5; 1.5)$ là:

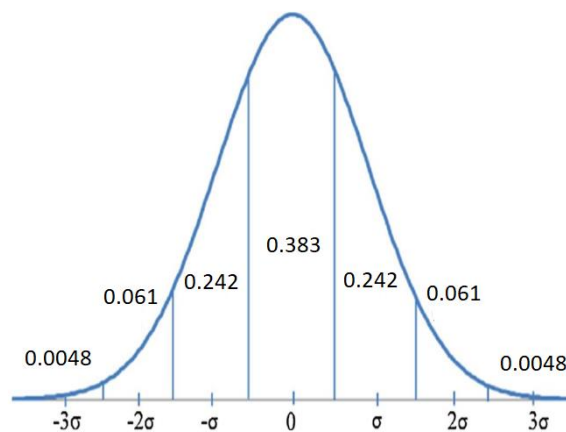
$$\int_{-0.5}^{0.5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}} = 0.242$$

Xác suất phân bố trong khoảng (1.5; 2.5) là:

$$\int_{-0.5}^{0.5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}} = 0.061$$

Xác suất phân bố trong khoảng (2.5; 3) là:

$$\int_{-0.5}^{0.5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}} = 0.0048$$



Hình 17: Bảng xấp xỉ phân phối chuẩn

Sau khi tính toán được kết quả LOLE(giờ) và LOEE(MWh/năm) ứng với 7 trường hợp và áp dụng đồ thị đánh giá độ tin cậy 7 bước cho hệ thống nguồn phá, ta lập được bảng sau:

Trường hợp	LOLE(giờ) từng trường hợp	LOEE(MWh/năm) từng trường hợp	Xác suất xảy ra trường hợp
-3σ	4.07822	8.6793	0.0048
-2σ	9.9472	20.9081	0.061
-1σ	15.4531	42.8448	0.242
-0σ	20.6287	73.6160	0.383
+1σ	61.3285	144.6926	0.242
+2σ	99.7245	283.9831	0.061
+3σ	136.0069	485.8551	0.0048

Bảng 11: Bảng kết quả các trường hợp

Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn LOLE (Loss of Load Expectation) trong năm được tính theo công thức:

$$\begin{aligned}
 LOLE &= \sum_{i=1}^7 LOLE_i \cdot p_i \\
 &= 4.07822 * 0.006 + 9.9472 * 0.061 + 15.4531 * 0.242 + \dots + 136.0069 * 0.006 \\
 &= 33.8443 \text{ (giờ)}
 \end{aligned}$$

Điện năng kỳ vọng bị thiếu LOEE (Loss of Energy Expectation) trong năm được tính theo công thức:

$$\begin{aligned}
 LOEE &= \sum_{i=1}^7 LOEE_i \cdot p_i \\
 &= 4.07822 * 0.006 + 9.9472 * 0.061 + 15.4531 * 0.242 + \dots + 136.0069 * 0.006 \\
 &= 94.5511 \text{ (MWh)}
 \end{aligned}$$

2.4.4 Áp dụng tính toán bằng code Python

2.4.4.1 Chương trình in ra thông số của đề bài

```
In [1]: # Chương trình in ra các thông số cần thiết của đề bài
def infor(nums_of_machine, power_per_machine, For, peak_load, std, load_char):
    """
    nums_of_machine: Số lượng máy điện
    power_per_machine: Công suất mỗi máy
    For: Chỉ số FOR
    peak_load: Giá trị phụ tải đỉnh dự đoán
    std: Độ lệch chuẩn phụ tải đỉnh
    load_char: Điểm cuối của đường đặc tính tải
    """

    fac_power = nums_of_machine * power_per_machine

    print("-----THÔNG SỐ TÍNH TOÁN-----")
    print("Số lượng máy điện: ", nums_of_machine)
    print("Công suất mỗi máy: {} (MW)".format(power_per_machine))
    print("Tổng công suất của nhà máy: {} (MW)".format(fac_power))
    print("Hệ số sẵn sàng: ", 1- For)
    print("Phụ tải đỉnh: ", peak_load)
```

```
In [2]: # Truyền số liệu đề bài vào hàm
infor(12,6,0.04, 60, 0.03, 0.5)

-----THÔNG SỐ TÍNH TOÁN-----
Số lượng máy điện: 12
Công suất mỗi máy: 6 (MW)
Tổng công suất của nhà máy: 72 (MW)
Hệ số sẵn sàng: 0.96
Phụ tải đỉnh: 60
```

Hình 18: Chương trình in ra thông số đề bài

2.4.4.2 Chương trình tính toán và xuất ra kết quả dạng bảng cho các trường hợp

```
In [10]: # Chương trình tính toán và xuất kết quả dạng bảng theo từng trường hợp của theta, theta = 0, +- 1, +-2, +-3
def show_result(nums_of_machines, power_per_machine, peak_load, For, std, theta, load_char):
    pi, P, T, T_exp, A, A_exp, LOLE, LOEE, P_lmax, P_lmin = calculate(nums_of_machines,
                                                                    power_per_machine, peak_load, For, std, theta, load_char)

    # Create dataframe
    d = {"Số máy còn hoạt động": range(0,len(pi)), "CS còn lại": P, "Xác suất i máy hoạt động": pi,
        "Thời gian thiếu nguồn trong năm": T,
        "Thời gian thiếu nguồn kỳ vọng trong năm": T_exp, "Điện năng bị thiếu trong năm": A,
        "Điện năng bị thiếu kỳ vọng trong năm": A_exp
    }
    styles = [dict(selector="caption",
                    props=[("text-align", "center"),
                          ("font-size", "150%"),
                          ('font-weight', 'bold'),
                          ("color", 'black')])]

    df = pd.DataFrame(data=d)
    df = df.style.set_caption('Bảng số liệu tính toán khi theta = {} sigma'.format(theta)).set_table_styles(styles)
    print("----- TRƯỜNG HỢP THETA = {} SIGMA ----- \n".format(theta))
    print("P_lmax = {} (MW), P_lmin = {} (MW)\n".format(P_lmax, P_lmin))
    print("Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn khi theta = {} sigma: LOLE = {} (giờ/năm)".format(theta, LOLE))
    print("Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn khi theta = {} sigma: LOEE = {} (MW/năm)".format(theta, LOEE))
    df
    return df, LOLE, LOEE
```

Hình 19: Chương trình tính toán các trường hợp

```
In [11]: # Trường hợp 7: Theta = -2sigma
theta = -3
dfneg3, loleneg3, loeeneg3 = show_result(nums_of_machines, power_per_machine, peak_load, For, std, theta, load_char)
dfneg3
```

----- TRƯỜNG HỢP THETA = -3 SIGMA -----

P_lmax = 54.6 (MW), P_lmin = 27.3 (MW)

Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn khi theta = -3 sigma: LOLE = 4.078228296535531 (giờ/năm)

Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn khi theta = -3 sigma: LOEE = 8.679351573948034 (MW/năm)

Out[11]:

Bảng số liệu tính toán khi theta = -3 sigma

	Số máy còn hoạt động	CS còn lại	Xác suất i máy hoạt động	Thời gian thiếu nguồn trong năm	Thời gian thiếu nguồn kỳ vọng trong năm	Điện năng bị thiếu trong năm	Điện năng bị thiếu kỳ vọng trong năm
0	0	0	0.000000	8780.000000	0.000000	358722.000000	0.000000
1	1	6	0.000000	8780.000000	0.000000	308162.000000	0.000000
2	2	12	0.000000	8780.000000	0.000000	253802.000000	0.000000
3	3	18	0.000000	8780.000000	0.000000	201042.000000	0.000010
4	4	24	0.000000	8780.000000	0.000024	148482.000000	0.000409
5	5	30	0.000000	7893.626374	0.000835	97091.604396	0.010273
6	6	36	0.000003	5988.351648	0.017681	55505.670330	0.184438
7	7	42	0.000061	4043.078923	0.246397	25471.384615	1.552302
8	8	48	0.000914	2117.802198	1.935978	6688.747263	6.388727
9	9	54	0.009751	192.527473	1.877312	57.758242	0.563194
10	10	60	0.070206	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11	11	66	0.308355	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12	12	72	0.612710	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Hình 20: Kết quả trường hợp -3σ

Out[43]:

	LOLE	LOEE
theta = 3	138.008907	485.855079
theta = 2	99.724462	283.983071
theta = 1	61.328477	144.682600
theta = 0	20.628732	73.616004
theta = -1	15.453145	42.844892
theta = -2	9.947201	20.908100
theta = -3	4.078228	8.679352

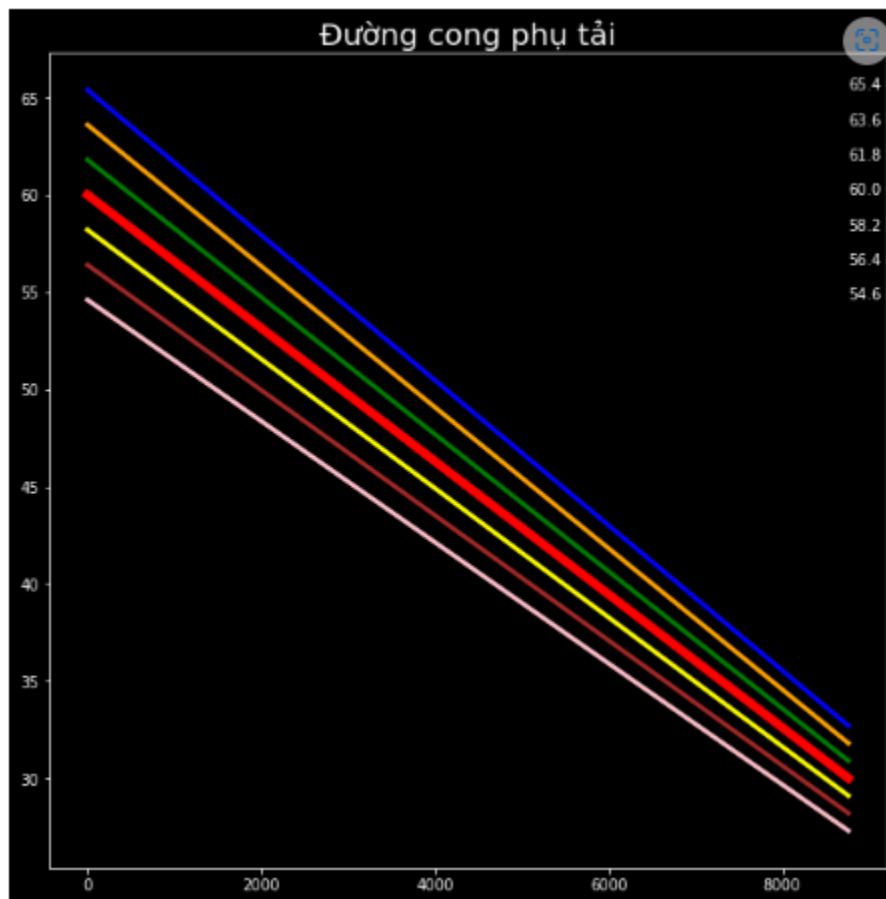
Hình 21: Kết quả LOLE LOEE

2.4.4.3 Chương trình vẽ đường đặc tính tải cho các trường hợp

```
In [44]: # Chương trình vẽ đường đặc tính tải theo phụ tải thực tế
plt.style.use("dark_background")
def visualize():
    fig = plt.figure(figsize = (10,10))
    plt.title("Đường cong phụ tải", fontsize = 20)
    T_show = [0, 8760]
    color_list = ["blue", "orange", "green", "red", "yellow", "brown", "pink"]
    theta = [3, 2, 1, 0, -1, -2, -3]
    for i, c in zip(theta, color_list):
        pi, P, T, T_exp, A, A_exp, LOLE, LOEE, P_lmax, P_lmin = calculate(nums_of_machines,
                                                                    power_per_machine, peak_load, For, std, i, load_char)

    if i == 0:
        plt.plot([T_show[0],T_show[1]],[P_lmax, P_lmin], color = c, lw = 6)
        plt.annotate(str(P_lmax), xy=(T[0], P_lmax), color = "white")
    else:
        plt.plot([T_show[0],T_show[1]],[P_lmax, P_lmin], color = c, lw = 3)
        plt.annotate(str(P_lmax), xy=(T[0], P_lmax), color = "white")
```

Hình 22: Chương trình vẽ đặc tính tải



Hình 23: Đường đặc tính tải

2.4.4.4 Chương trình tính LOLE, LOEE trung bình bằng xấp xỉ phối chuẩn

```
In [54]: def avgLOLE_LOEE():
    """
    norm_cdf: Cumulative distribution function
    """
    theta = [3, 2, 1, 0, -1, -2, -3]
    norm_coef = [norm.cdf(3)-norm.cdf(2.5), norm.cdf(2.5)-norm.cdf(1.5),
                  norm.cdf(1.5)-norm.cdf(0.5), norm.cdf(0.5)-norm.cdf(-0.5)] + [norm.cdf(1.5)-norm.cdf(0.5),
                                                                                   norm.cdf(2.5)-norm.cdf(1.5),
                                                                                   norm.cdf(3)-norm.cdf(2.5)]

    avg_lole = 0
    avg_loee = 0
    for i in range(len(theta)):
        pi, P, T, T_exp, A, A_exp, LOLE, LOEE, P_lmax, P_lmin = calculate(nums_of_machines,
                                                                           power_per_machine, peak_load, For, std, theta[i], load_char)

        avg_lole += norm_coef[i] * LOLE
        avg_loee += norm_coef[i] * LOEE
    return avg_lole, avg_loee

In [55]: avg_LOLE, avg_LOEE = avgLOLE_LOEE()
print("Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn: {} (giờ)".format(avg_LOLE))
print("Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm: {}(MW)".format(avg_LOEE))

Thời gian kỳ vọng thiếu hụt công suất nguồn: 33.786316644229174 (giờ)
Điện năng kỳ vọng thiếu hụt trong năm: 94.40187990404475(MW)
```

Hình 24: Chương trình xấp xỉ phối chuẩn

2.4.4.5 Chương trình lưu kết quả tính toán vào file excel

Lưu kết quả vào file excel

Các kết quả lưu:

- Bảng số liệu tính toán tương ứng với mỗi giá trị của theta.
- Bảng LOLE, LOEE.
- Giá trị LOLE kỳ vọng, LOEE kỳ vọng cuối cùng.

```
In [44]: !pip install xlwt
!pip install openpyxl

Collecting xlwt
  Downloading xlwt-1.3.0-py2.py3-none-any.whl (99 kB)
Installing collected packages: xlwt
Successfully installed xlwt-1.3.0
Requirement already satisfied: openpyxl in c:\users\hp\anaconda3\lib\site-packages (3.0.9)
Requirement already satisfied: et-xmlfile in c:\users\hp\anaconda3\lib\site-packages (from openpyxl) (1.1.0)

In [52]: import openpyxl

In [53]: # Define path
path = 'D:\XSTK\XSTK_B2.xlsx'
writer = pd.ExcelWriter(path, engine='xlsxwriter')
dfpos3.to_excel(writer, sheet_name='theta=3')
dfpos2.to_excel(writer, sheet_name='theta=2')
dfpos1.to_excel(writer, sheet_name='theta=1')
dfpos0.to_excel(writer, sheet_name='theta=0')
dfneg1.to_excel(writer, sheet_name='theta=-1')
dfneg2.to_excel(writer, sheet_name='theta=-2')
dfneg3.to_excel(writer, sheet_name='theta=-3')
df.to_excel(writer, sheet_name="stats LOLE-LOEE")
df_avg.to_excel(writer, sheet_name = "LOLE-LOEE")
writer.save()
```

Hình 25: Chương trình lưu kết quả vào excel

A1									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Số máy còn hoạt động	CS còn lại	Xác suất i máy hoạt động	Thời gian thiếu nguồn trong năm	Thời gian thiếu nguồn kỳ vọng trong năm	Điện năng bị thiếu trong năm	Điện năng bị thiếu kỳ vọng trong năm	
2	0		0	1.67772E-17	8760	1.46968E-13	358722	6.01836E-12	
3	1		6	4.83184E-15	8760	4.23269E-11	306162	1.47933E-09	
4	2		12	6.37803E-13	8760	5.58715E-09	253602	1.61748E-07	
5	3		18	5.10242E-11	8760	4.46972E-07	201042	1.0258E-05	
6	4		24	2.75531E-09	8760	2.41365E-05	148482	0.000409114	
7	5		30	1.05804E-07	7893.626374	0.000835176	97091.6044	0.010272661	
8	6		36	2.96251E-06	5968.351648	0.017681281	55505.67033	0.164435911	
9	7		42	6.0943E-05	4043.076923	0.246397203	25471.38462	1.552302379	
10	8		48	0.000914145	2117.802198	1.935978024	6988.747253	6.38872748	
11	9		54	0.009750879	192.5274725	1.877312024	57.75824176	0.563193607	
12	10		60	0.070206326	0	0	0	0	
13	11		66	0.306354879	0	0	0	0	
14	12		72	0.612709757	0	0	0	0	
15									
16									
17									
18									
19									

Hình 26: Kết quả Excel_1

A1					
	A	B	C	D	E
1		LOLE	LOEE		
2	theta = 3	136.0069	485.8551		
3	theta = 2	99.72446	283.9831		
4	theta = 1	61.32848	144.6926		
5	theta = 0	20.62873	73.616		
6	theta = -1	15.45314	42.84489		
7	theta = -2	9.947201	20.9081		
8	theta = -3	4.078228	8.679352		
9					
10					

Hình 27: Kết quả Excel_2

PHẦN KẾT LUẬN

Xác suất thống kê được sử dụng nhiều để giải quyết các bài toán trong khối ngành kỹ thuật nói chung và Điện – Điện tử nói riêng. Trong phần bài tập lớn này, nhóm 13 chúng em đã tìm hiểu và giải quyết 02 bài toán về **xác định đặc tính điện áp phóng điện cho vật liệu cách điện rắn ở điện áp xoay chiều tần số công nghiệp và đánh giá độ tin cậy của hệ thống nguồn điện** được tính toán theo cách tính tay và trên phần mềm Microsoft Excel. Sau khi hoàn thành phần bài tập lớn này, nhóm 13 đã đạt được các mục tiêu được đề ra theo đề cương môn Xác suất thống kê (MT2013):

1. Tự tìm kiếm thông tin và nghiên cứu các tài liệu liên quan;
2. Tổ chức nhóm và hoạt động nhóm hiệu quả;
3. Nhận ra nhu cầu thực tế cần đến số liệu thống kê trong chuyên ngành.

Cuối cùng, sau khi hoàn thành bài tập lớn này, chúng em nhận thấy rằng để đảm bảo chất lượng công việc thì sinh viên nói riêng ngay từ khi còn ngồi trên ghế giảng đường nên cần trang bị không những là kiến thức mà còn cả những kỹ năng sử dụng phần mềm đa dạng, nhất là thời đại thông tin dẫn đầu như hiện nay. Cảm ơn Thầy đã đồng hành và hướng dẫn nhóm 13 hoàn thành tốt Bài tập lớn môn Xác suất và thống kê trong học kỳ 221 này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đình Huy (Chủ biên), Đậu Thế Cấp, & Lê Xuân Đại (2016), *Giáo trình Xác suất thống kê*, Nxb. Đại học Quốc Gia TP HCM.
- [2] Nguyễn Tiến Dũng, Nguyễn Đình Huy (2019), *Xác suất – Thống kê & Phân tích số liệu*, NXB Đại Học Quốc Gia, TP HCM.
- [3] Lê Hồng Thái, Phương pháp tính toán và đánh giá độ tin cậy trong hệ thống điện.
- [4] T.S Nguyễn Đình Thắng, *Giáo trình Vật liệu điện*, NXB Giáo dục xuất bản năm 2005.
- [5] Pandas Documentation, <https://pandas.pydata.org/docs/>.
- [6] Numpy and Scipy Documentation, <https://docs.scipy.org/doc/>