

# VỀ HIỆU QUẢ GIẢM TỒN THẤT ĐIỆN NĂNG DO SÓNG HÀI TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN TÒA NHÀ DO TỤ BÙ $\cos\phi$

## ON THE LOSS REDUCTION DUE TO HARMONICS BY POWER FACTOR CORRECTION CAPACITOR IN BUILDING ELECTRICAL INSTALLATION

Hoàng Trần Thành, Bạch Quốc Khánh

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội; khanh.bachquoc@hust.edu.vn

**Tóm tắt** - Bài báo xét một trường hợp giảm tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện tòa nhà bị ô nhiễm sóng hài sử dụng tụ điện. Việc đặt tụ bù nâng cao hệ số công suất  $\cos\phi$  có thể giảm tổn thất trên lưới điện ở 50 Hz và do sóng hài. Bài báo xây dựng phương án tính toán tổn thất trong hệ thống cung cấp điện tòa nhà ở tần số 50 Hz, cũng như ở các tần số sóng hài gây ra, sử dụng phương pháp tính toán sóng hài trực tiếp có xét các phương án đặt tụ để đánh giá tác động của tụ đến tổn thất do sóng hài. Bài báo sử dụng một lưới điện tòa nhà thực tế tại Việt Nam và tham khảo số liệu về phát thải sóng hài khá lớn của các thiết bị điện sinh hoạt như một cảnh báo với tình trạng sóng hài trong lưới điện các tòa nhà tại Việt Nam.

**Từ khóa** - tổn thất điện năng; chất lượng điện năng; sóng hài; tụ điện; hệ thống cung cấp điện tòa nhà.

### 1. Giới thiệu

Sóng hài là hiện tượng chất lượng điện năng gây ra bởi sự biến dạng của dạng sóng dòng điện hay điện áp lưới điện, có tần số bằng bội số của sóng cơ bản. Hệ thống cung cấp điện (HTCCĐ) trong các tòa nhà hiện nay ngày càng có nhiều phụ tải phát sinh sóng hài như các thiết bị sử dụng inverter, các đèn phóng điện... dẫn đến gia tăng tổn thất công suất (TTCS) trên lưới điện, gia tăng phát nhiệt trong các thiết bị dùng điện do sóng hài, làm cho các thiết bị bảo vệ làm việc mất chọn lọc, gây sai số cho các thiết bị đo, quá tải các hệ thống tụ bù công suất phản kháng [1].

Trong ngành điện Việt Nam hiện nay, chưa có nhiều nghiên cứu định lượng TTCS và tổn thất điện năng (TTĐN) do sóng hài trong các HTCCĐ có phụ tải phi tuyến phát thải sóng hài, trong khi vấn đề tổn hao này lại ngày càng gia tăng khi có nhiều thiết bị gia dụng sử dụng các linh kiện điện tử được sử dụng.

Bài báo này đã xây dựng phương pháp đánh giá định lượng TTCS và TTĐN do sóng hài sinh ra bởi các thiết bị gia dụng trong HTCCĐ. Bên cạnh đó, bài báo xem xét ảnh hưởng tương tác giữa các tụ bù nâng cao hệ số công suất  $\cos\phi$  của phụ tải tòa nhà với TTĐN do sóng hài, cũng như tác động của sóng hài có thể gây quá tải tụ điện.

Nội dung của bài báo bao gồm xây dựng cách tính toán TTĐN ở tần số cơ bản (50 Hz) cho HTCCĐ tòa nhà và TTĐN ở tất cả các bậc sóng hài, với đối tượng tính toán là một tòa nhà chung cư. Việc tính toán trên đây được thực hiện trên MatLab, bao gồm tính TTĐN của HTCCĐ trong tòa nhà ở tần số 50 Hz, tính TTĐN trong HTCCĐ và gia tăng tiêu hao điện năng trong các thiết bị dùng điện do sóng hài, xem xét tác dụng của tụ bù nâng cao hệ số công suất đến TTĐN do sóng hài trong HTCCĐ cũng như ảnh hưởng của sóng hài đến các tụ bù này.

**Abstract** - This paper presents a case study to reduce energy loss in a heavily harmonics polluted building electrical installation using capacitors. A good arrangement of capacitor placement not only helps improve the power factor as required, but also reduce the energy loss due to harmonics. The paper introduces a procedure for electric energy loss calculation in a building's electric installation at 50 Hz as well as at harmonics frequencies using direct harmonic solutions and analyses alternatives of capacitor locations on energy loss reduction. The paper takes a real building's electric installation and data on highly polluted harmonics spectrum of domestic loads as a warning on harmonics issues in buildings' electric installation in Vietnam.

**Key words** - energy loss; power quality; harmonics; capacitor; building's electric installation.

### 2. Mô hình tính tổn thất điện năng

Hai bài toán chính được xem xét trong bài báo này là tính TTĐN của HTCCĐ ở tần số 50 Hz và ở tần số sóng hài để từ đó đánh giá tác động của sóng hài đến gia tăng TTĐN trong HTCCĐ, cũng như tác động của tụ bù  $\cos\phi$  đến TTĐN do sóng hài.

a) Về việc tính toán TTĐN, TTĐN được tính toán ở tần số cơ bản tức sóng hài bậc 1, 50Hz và TTĐN ở các bậc sóng hài. HTCCĐ tòa nhà đặc trưng có dạng hình tia gồm máy biến áp (MBA) phân phối và lưới hạ áp cấp điện đến các phụ tải, được giả thiết có dạng đồ thị phụ tải (ĐTPT) điển hình của phụ tải sinh hoạt. TTĐN được tính dựa trên ĐTPT điển hình [1, 2]. Từ ĐTPT ngày điển hình, ta xác định được công suất ứng với từng khoảng thời gian khác nhau. Từ đó tính toán trào lưu công suất, đưa ra kết quả TTCS lưới điện tương ứng với khoảng thời gian của ĐTPT. Việc tính toán TTĐN sẽ tính tổng TTCS trên MBA và đường dây theo công thức:

$$\Delta A_i = \int_0^T \Delta P(t) dt = \sum_{i=1}^T \Delta P_i \cdot \Delta t_i \quad (1)$$

Trong đó:

$\Delta P_i$ : TTCS của phần tử trong khoảng thời gian  $\Delta t_i$ ;

T: Chu kỳ thời gian của ĐTPT;

TTĐN của toàn lưới điện sẽ được tổng hợp như sau.

$$\Delta A = \sum_{i=1}^{n_L} \Delta A_{Li} + \sum_{j=1}^{n_B} (\Delta A_{Bj} + \Delta A_{0Bj}) \quad (2)$$

Trong đó:

$n_L, n_B$ : Số nhánh đường dây và số nhánh MBA;

$\Delta A_{Li}$ : TTĐN của đường dây thứ i;

$\Delta A_{Bj}$  và  $\Delta A_{0Bj}$ : TTĐN có tải và không tải của MBA thứ j.

b) Về tính toán lưới điện ở tần số sóng hài, bài báo sử dụng phương pháp phân tích sóng hài trực tiếp [4], trong đó các phần tử trên lưới điện được mô phỏng theo mô hình thông số tập trung ở tần số của sóng hài.

- Các mô hình tính toán:

$$\text{Máy biến áp: } Z_{Bh} = R_B \sqrt{h} + jX_{B, h} \quad (3)$$

Đường dây có tính đến hiệu ứng bề mặt:

$$Z_{Lh} = R_L \left[ 1 + \frac{0,646 \cdot h^2}{192 + 0,518 \cdot h^2} \right] + jX_{L, h} \quad (4)$$

Phụ tải thụ động:

$$R_h = \frac{U^2 \cdot 10^3}{(0,1h + 0,9) \cdot P} [\Omega, \text{kV, kW}];$$

$$X_h = \frac{U^2 \cdot 10^3}{(0,1h + 0,9) \cdot Q} [\Omega, \text{kV, kVAr}] \quad (5)$$

Tụ điện:

$$X_{c,h} = h^{-1} \cdot X_c = -j \cdot \frac{U^2}{h \cdot Q_C} \quad (6)$$

- Mô hình tổng dẫn nút ở tần số sóng hài:

Việc tính dòng điện sóng hài trên các phần tử tải điện được thực hiện theo phương pháp phân tích trực tiếp [3] sử dụng ma trận tổng dẫn nút ở tần số sóng hài:

$$[I_h] = [Y_h] \times [V_h] \quad (7)$$

Trong đó:

$[Y_h]$ : Ma trận  $[n \times n]$  tổng dẫn hệ thống tại tần số h.

$$[Y_h] = \begin{bmatrix} y_{h11} & \dots & y_{h1i} & \dots & y_{h1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{hi1} & \dots & y_{hii} & \dots & y_{hin} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{hn1} & \dots & y_{hni} & \dots & y_{hnn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$y_{hki}$ : Tổng dẫn tương hỗ giữa nút k và i ở bậc h (tổng dẫn của phần tử lưới điện nối giữa nút k và i).

$$y_{hki} = \frac{1}{Z_{hki}}$$

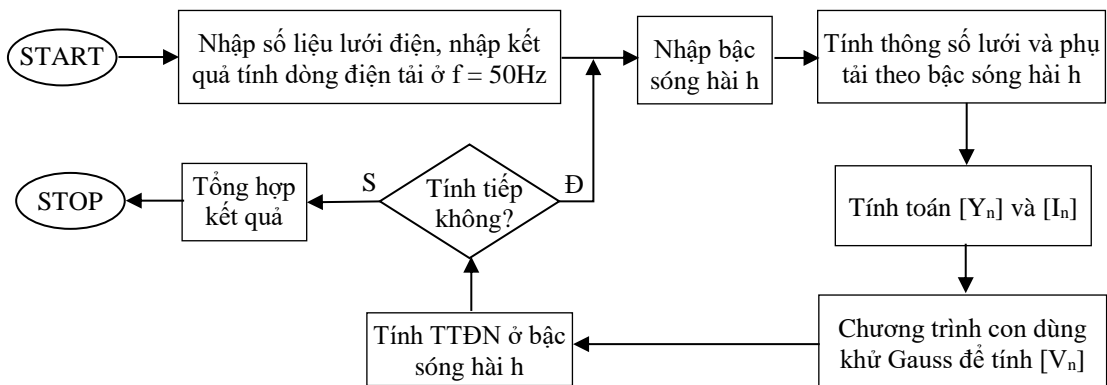
$Z_{hki}$ : Tổng trở nhánh giữa nút k và nút i ở bậc h.

$y_{hii}$ : Tổng dẫn riêng của nút i tại bậc h (tổng dẫn của các phần tử lưới điện nối với nút i và tổng dẫn của các tải thụ động nối vào nút i) sẽ bằng tổng các tổng dẫn nhánh nối vào nút i.

$[I_h]$ : Véc-tơ  $[1 \times n]$  là nguồn dòng điện ở bậc sóng hài h của n nút, các nút không có tải sinh sóng hài lấy giá trị bằng 0. Các nút có tải sinh sóng hài thì lấy giá trị dòng điện ở bậc sóng hài h.

$[V_h]$ : Véc-tơ  $[1 \times n]$  điện áp nút ở bậc sóng hài h.

Việc tính toán TTCS của lưới điện ở bậc sóng hài h được lập trình trên Matlab bao gồm tính toán điện áp các nút ở bậc sóng hài từ (1) bằng phương pháp khử Gauss và suy ra dòng điện trên các nhánh của lưới điện ở bậc sóng hài h, từ đó rút ra TTCS ứng các nhánh và tải thụ động với bậc sóng hài đó. Trong phần này, ma trận nguồn dòng sóng hài bơm vào lưới  $[I_h]$  được xây dựng cho từng thời đoạn ứng với ĐTPT của các phụ tải phát sóng hài. Việc tính TTĐN của lưới điện ở bậc sóng hài h được thực hiện theo (1), trong đó với TTCS của lưới điện ở bậc sóng hài h được tính như trên cho từng thời đoạn ứng với ĐTPT của các phụ tải phát sóng hài.



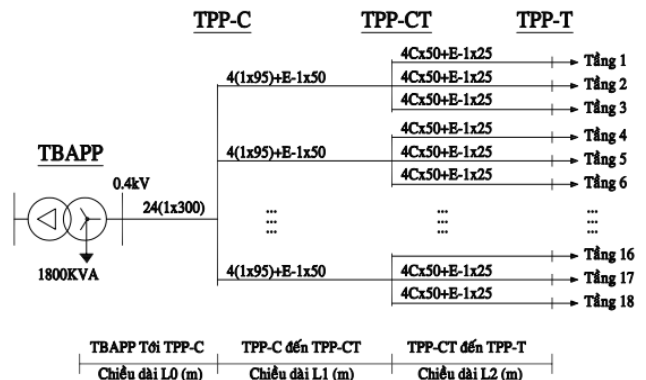
Hình 1. Sơ đồ khối tính toán TTĐN do sóng hài gây ra trong HTCCĐ

### 3. Kết quả nghiên cứu

Tính toán TTĐN do sóng hài gây ra với HTCCĐ tòa nhà NO7-B3 gồm 18 tầng, mỗi tầng 14 căn hộ, với ĐTPT ngày điện hình chia làm 2 mùa (đông và hè).

a) *Số liệu lưới điện*: HTCCĐ của tòa nhà NO7-B3 lấy điện từ TBAPP và cấp đến tủ phân phối điện chính TPP-C. Lưới có dạng liên thông đến các tủ phân phối cụm tầng TPP-CT rồi đến tủ phân phối từng tầng TPP-T như Hình 2. Số liệu lưới điện được cho trong Bảng 1.

b) *Số liệu phụ tải*: Các số liệu dưới đây về phụ tải điển hình cho 1 căn hộ. Phụ tải chiếu sáng được đánh giá dựa trên diện tích chiếu sáng và yêu cầu chiếu sáng theo Quy chuẩn QCVN 09:2013/BXD. Điều hòa được đánh giá theo diện tích sử dụng. Ngoài ra, còn một tủ lạnh, một TV và một máy tính để bàn.



Hình 2. Sơ đồ phân phối điện tòa nhà 18 tầng

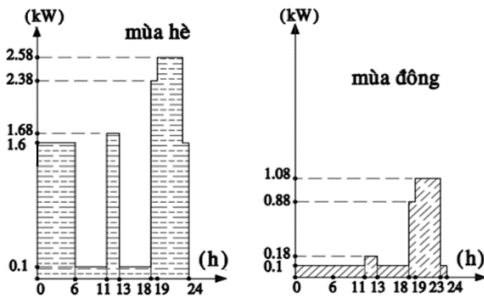
**Bảng 1.** Số liệu lưới điện

Đường dây				TBAPP 22/0,4 kV; 1.800 kVA $\Delta P_0 = 2,8 \text{ kW}$ , $\Delta P_N = 18 \text{ kW}$ , $I_0 = 1\%$ , $u_N = 6\%$
Nhánh	F (mm <sup>2</sup> )	R (Ω/km)	X (Ω/km)	
L0	4(1×300)	0,0601	0,0704	
L1	4(1×95)	0,1930	0,0782	
L2	4(1×50)	0,3870	0,0832	

**Bảng 2.** Thông số tải gây sóng hài của một căn hộ

Thông số	Đèn	Điều hòa	Tivi	Tủ lạnh	PC
P(kW)	0,7	1,5	0,08	0,1	0,2
cosφ	0,6	0,98	0,66	0,6	0,53
Thời gian sử dụng (h)	18 - 23	0 - 6; 11 - 13; 18 - 24	11 - 13; 18 - 24	0 - 24	19 - 23
K <sub>dt</sub>	0,9	0,8	1	1	1

ĐTPT điển hình được xây dựng cho từng căn hộ như Hình 3. Phụ tải một nút (tủ điện tầng 1 - 18):  $P_{tg} = K_{dt} \cdot 14 \cdot P_{ch}$  (hệ số đồng thời  $K_{dt} = 0,63$  theo IEC).



**Hình 3.** ĐTPT điển hình ngày hè và đông của một căn hộ

c) **Tính TTĐN với sóng cơ bản (50 Hz):** Sử dụng phương pháp tính toán TTĐN theo ĐTPT điển hình như đã nêu ở Mục 2, kết quả tính được như sau:

**Bảng 3.** TTCS của HTCCĐ tòa nhà theo từng khoảng thời gian với ngày mùa đông

Thời gian (h)	0 - 11; 13 - 18; 23 - 24	11 - 13
ΔP(W)	3.060,23	4.150,48
Thời gian (h)	18 - 19	19 - 23
ΔP(W)	21.132,27	30.502

**Bảng 4.** TTCS của HTCCĐ tòa nhà theo từng khoảng thời gian với ngày mùa hè

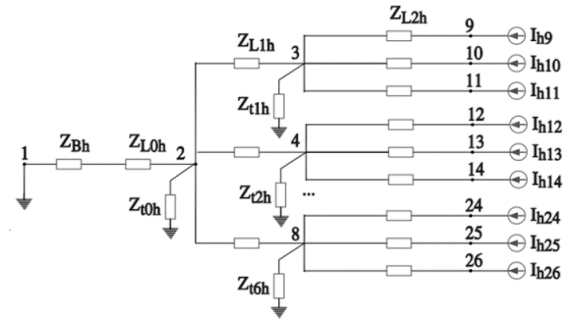
Thời gian (h)	0 - 6; 23 - 24	6 - 11; 13 - 18	11 - 13
ΔP(W)	21.932,65	3.060,23	24.507,63
Thời gian (h)	18 - 19	19 - 23	
ΔP(W)	53.557,80	66.922,04	

d) **Tính TTĐN do sóng hài:** Xây dựng ma trận  $[I_h]$  cho từng bậc sóng hài. Với ý nghĩa cảnh báo vấn đề TTĐN của lưới điện do sóng hài từ các thiết bị sinh hoạt, bài báo tham khảo phổ sóng hài của các thiết bị sinh hoạt như dưới đây

**Bảng 5.** Phổ sóng hài %I<sub>1</sub> của các thiết bị [5]

Phụ tải	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>9</sub>	I <sub>11</sub>	I <sub>13</sub>	I <sub>15</sub>
Đèn	65	65	63,7	63,8	61,5	60,3	70,9
Điều hòa	38	48	58	14	43	9,5	4,5
TV	92	82	75	63	51	40	28
Tủ lạnh	61	4,7	11	7,1	7,1	5,1	3,2
PC	52,8	43,5	31,6	19,3	8,4	6	5

Từ ĐTPT sử dụng của các thiết bị phát thải sóng hài cho ở Bảng 2, ứng với từng khoảng thời gian trong ĐTPT ngày điển hình (Hình 3), dòng điện sóng hài ứng với từng bậc sóng hài sẽ được tổng hợp cho từng nút tải (tủ phân phối tầng). Sơ đồ lưới điện toàn nhà trong tính toán sóng hài có dạng Hình 4 ứng với các phần tử lưới điện ở Hình 2.



**Hình 4.** Sơ đồ HTCCĐ tòa nhà ở tần số sóng hài chưa có tụ

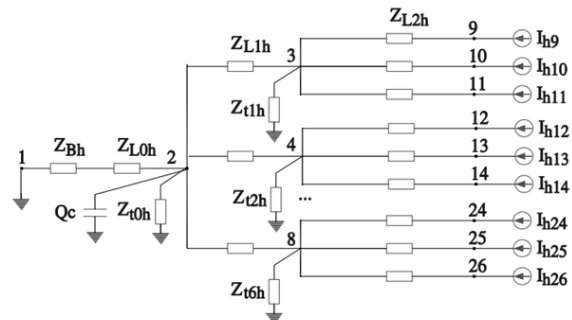
Lưu ý thêm là các phụ tải thụ động ở tủ phân phối chính (TPP-C)  $Z_{t0h}$  mô tả phụ tải thang máy của tòa nhà. Các phụ tải thụ động ở tủ phân phối cụm tầng (TPP-CT) là chiếu sáng hành lang các tầng trong tòa nhà. Áp dụng phương pháp tính toán sóng hài như đã nêu trong Mục 2 với trình tự như sau:

- Với từng thời gian sử dụng điện của phụ tải các căn hộ (Hình 4), xác định các tải phát sinh sóng hài để xây dựng ma trận nguồn sóng hài  $[I_h]$ .

- Tính toán điện áp sóng hài theo (7) và TTCS do sóng hài của lưới điện và gia tăng tiêu hao điện năng (phát nóng phụ) ở phụ tải như đã nêu trong Mục 2.

- Lặp lại hai bước trên cho các thời gian khác nhau. Từ đó tính TTĐN do sóng hài cho ngày điển hình mùa hè và mùa đông để cuối cùng tính TTĐN hàng năm.

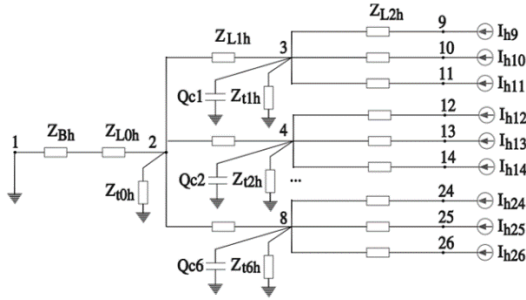
e) **Phân tích giải pháp giảm TTĐN do sóng hài bằng tụ điện:** Tụ bù được lắp ở các công trình để bù công suất phản kháng nâng cao hệ số công suất của phụ tải lên đến trị số yêu cầu của bên cấp điện. Với phụ tải là tòa nhà NO7-B3, giả thiết để nâng hệ số công suất cosφ đến trị số yêu cầu (giả thiết bằng 0,93), ta chọn dung lượng bù  $Q_c = 360 \text{ kVar}$ . Tuy nhiên, việc xuất hiện tụ bù cũng sẽ ảnh hưởng đến TTĐN do sóng hài trong HTCCĐ tòa nhà. Bài báo này xem xét hai trường hợp là tụ bù tập trung  $Q_c$  (Hình 5) và tụ bù phân tán đến các tủ cụm tầng  $Q_{c1}$  đến  $Q_{c6}$  (Hình 6).



**Hình 5.** Sơ đồ HTCCĐ tòa nhà ở tần số sóng hài thêm tụ bù tập trung tại tủ phân phối chính TPP-C

Việc phân phối các  $Q_{c1} - Q_{c6}$  dựa trên nguyên tắc vừa đảm bảo cosφ của tòa nhà theo yêu cầu, vừa giảm tổn thất

ở tần số 50 Hz. Kết quả phân phối  $Q_{c1} - Q_{c6}$  như Bảng 6.



**Hình 6.** Sơ đồ HTCCĐ tòa nhà ở tần số sóng hài thêm tụ bù phân tán tại các tủ nhóm tầng TPP-CT

**Bảng 6.** Phân phối dung lượng bù CSPK

Nhánh 2 (3-8)	Nút	$Q_{ti}$ (kVar)	$Q_{ci}$ (kVar)	$C_i$ (F)
$r_1 = 0,0019\Omega$	3	371,8	141	0,0093
$r_2 = 0,0033\Omega$	4	371,8	82	0,0054
$r_3 = 0,0054\Omega$	5	371,8	50	0,0033
$r_4 = 0,0075\Omega$	6	371,8	36	0,0024
$r_5 = 0,0097\Omega$	7	371,8	28	0,0018
$r_6 = 0,0116\Omega$	8	371,8	23	0,0015

Từ trị số dung lượng tụ bù, ta tính được các trị số điện dung của tụ bù theo công thức sau, với  $f = 50\text{Hz}$ :

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f U_{dm}^2} \quad (9)$$

Từ đó, tổng trở của tụ bù ở tần số sóng hài được tính theo công thức sau:

$$Z_{c,h} = \frac{1}{j2\pi f.h.C} \quad (10)$$

Đối với bù tập trung, ta tính được  $C = 0,0237\text{F}$ .

Đối với bù phân tán, kết quả được cho trong Bảng 6.

Dựa vào mô hình lưới điện ở tần số sóng hài, ta tính toán được TTCS và TTĐN như ở Mục 3d. Kết quả được cho trong Bảng 7 và 8 với hài bậc 5 và Bảng 9 và 10 với các bậc sóng hài.

**Bảng 7.** Dòng điện các nhánh khi có hoặc không có tụ bù trong thời gian từ 19 - 23h (ví dụ sóng hài bậc 5)

Nhánh	Dòng điện nhánh (A) chưa lắp tụ	Dòng điện nhánh (A)	
		Lắp tụ tập trung	Lắp tụ phân tán
1-2	1.366	1.102	1.104
2-3	198	196	196
2-4	198	196	196
2-5	199	196	196
2-6	199	197	197
2-7	200	197	197
2-8	199	197	197
3-9	65	65	65
8-25	...	...	...
8-26	66	66	66

Để dễ dàng nhận thấy khi lắp tụ thì TTCS do sóng hài trên đường dây giảm gần một nửa so với chưa lắp tụ. Bù phân tán sẽ giảm TTCS hơn bù tập trung. Khi lắp tụ tập trung và phân tán thì giảm đáng kể việc gia tăng tiêu thụ công suất

ở các phụ tải so với khi chưa lắp tụ. Đó là do các tụ sẽ hút bớt sóng hài và giảm sóng hài chạy vào phụ tải.

**Bảng 8.** Dòng điện tải khi có hoặc không có tụ bù trong thời gian từ 19-23h (ví dụ sóng hài bậc 5)

Nút	Dòng điện nút (A) chưa lắp tụ	Dòng điện vào nút tải (A)	
		Lắp tụ tập trung	Lắp tụ phân tán
1	0	0	0
2	179,69	104,96	101,3
3	1,74	0,99	1,01
4	1,75	0,98	1
5	1,77	0,97	0,98
6	1,79	0,95	0,97
7	1,81	0,94	0,96
8	1,83	0,92	0
9	0	0	0
26	0	0	0

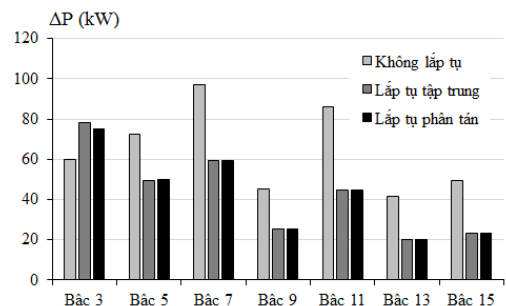
Nhìn lại Bảng 8, dòng điện tại các nút tải tại vị trí lắp tụ giảm đi rất nhiều so với chưa lắp tụ. Điều đó được giải thích là do dòng điện sóng hài đã bị thu hút về phía tụ bù nên sẽ ít chạy vào các phụ tải hơn.

**Bảng 9.** Bảng so sánh TTCS trên lưới điện khi có hoặc không có tụ bù trong thời gian từ 19 - 23h

Bậc sóng hài	Tổn thất công suất trên đường dây (W)		
	Không có	Lắp tụ tập	Lắp tụ phân tán
Bậc 3	59,8	78	75
Bậc 5	72,6	49,5	49,7
Bậc 7	97,1	59,4	59,5
Bậc 9	45,4	25,3	25,3
Bậc 11	86,2	44,6	44,7
Bậc 13	41,4	20,2	20,2
Bậc 15	49,2	23,1	23,1
Tổng	<b>452</b>	<b>300,4</b>	<b>297</b>

**Bảng 10.** Gia tăng tiêu thụ công suất ở phụ tải khi có hoặc không có tụ bù trong thời gian từ 19 - 23h

Bậc sóng hài	Gia tăng tiêu thụ công suất trên tải (W)		
	Không có tụ	Lắp tụ tập trung	Lắp tụ phân tán
Bậc 3	4,93	58,9	52,8
Bậc 5	13,6	4,62	4,33
Bậc 7	29	1,86	1,78
Bậc 9	17,9	414,89	400,35
Bậc 11	40,7	458,70	446,04
Bậc 13	21,8	144,49	141,77
Bậc 15	27,8	122,63	122,72
Tổng	<b>150,6</b>	<b>66,6</b>	<b>60,1</b>



**Hình 7.** Biểu đồ tổng hợp TTĐN trên lưới điện

**Bảng 11.** TTĐN trong các trường hợp

Tổn thất điện năng hàng năm	Khi chưa lắp tụ	Lắp tụ tập trung	Lắp tụ phân tán
TTĐN đường dây (MWh)	667	446	442
Gia tăng tiêu thụ điện năng ở phụ tải (MWh)	233	99	89

Tóm lại, kết quả cho ta thấy, khi lắp tụ bù thì gia tăng tiêu thụ điện năng giảm đi đáng kể mà ít phụ thuộc vào phương án lắp tụ bù. Còn TTĐN trên đường dây, khi lắp tụ thì TTCS trên đường dây cũng giảm tới 33% so với không lắp tụ và cũng ít phụ thuộc phương án lắp tụ.

#### f. Tính toán lại dòng điện qua tụ điện khi có sóng hài

Từ kết quả tính toán trào lưu công suất ở tần số sóng hài, ta tính được dòng điện của từng bậc sóng hài chạy vào tụ theo công thức sau:

$$I_{c,h} = U_{c,h} \times 2\pi f_h \times C \quad (11)$$

Trong đó,  $U_{c,h}$  là điện áp tại vị trí đặt tụ bù ở bậc sóng hài h.

Từ đó tính được trị số hiệu dụng của tổng dòng điện chạy vào tụ bù

$$I_{RMS} = \sqrt{I_{c,1}^2 + \sum_{h=2}^n I_{c,h}^2} \quad (12)$$

Cũng như mức độ quá tải  $I_{RMS}/I_1$ . Kết quả được cho trong Bảng 12 sau đây:

**Bảng 12.** Bảng đánh giá dòng điện qua tụ trong hai trường hợp bù có xét sóng hài

P/án	Tập trung	Phân tán					
		3	4	5	6	7	8
Nút bù	2	3	4	5	6	7	8
C(10 <sup>-3</sup> F)	23,7	9,3	5,4	3,3	2,4	1,8	1,5
I <sub>1</sub> (A)	1.637	629	373	207	166	131	110
U <sub>c,3</sub>	190	183	183	183	184	185	185
I <sub>c,3</sub>	4.232	1.571	933	518	416	330	278
U <sub>c,5</sub>	49	49	50	49	48	48	47
I <sub>5</sub>	1.834	709	416	226	179	140	116
U <sub>c,7</sub>	29	30	30	28	28	26	25
I <sub>7</sub>	1.530	617	356	187	145	110	88
U <sub>c,9</sub>	13	14	14	12	13	11	10
I <sub>9</sub>	878	373	210	105	78	56	43
U <sub>c,11</sub>	13	14	14	12	11	9	7
I <sub>11</sub>	1.076	492	267	124	87	57	40
I <sub>13</sub>	683	346	179	74	47	28	21
U <sub>c,13</sub>	7	8	8	69	5	4	3
U <sub>c,15</sub>	6	8	8	5	3	4	5
I <sub>c,15</sub>	696	409	198	1,89	39	32	40

(BBT nhận bài: 29/01/2017, hoàn tất thủ tục phân biên: 08/02/2018)

I <sub>RMS</sub> (A)	5.402	2.102	1.223	659	521	408	341
I <sub>RMS</sub> /I <sub>1</sub> (%)	330	334	328	318	314	311	309

Từ đó kiểm tra tiêu chuẩn về quá tải tụ điện do sóng hài theo IEC 60831-1, các tụ đều chỉ chịu quá tải rất nặng và tính toán này cũng là sự cảnh báo hậu quả của sóng hài đối với các tụ bù trong lưới điện bị ô nhiễm sóng hài.

#### 4. Kết luận

Hiện nay, việc sử dụng ngày càng nhiều các thiết bị điện tử có thể phát sinh sóng hài ngày càng nhiều trong lưới điện sinh hoạt, đặc biệt tại các tòa nhà khi mật độ phụ tải này khá cao. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu định lượng cụ thể tại Việt Nam. Bài báo này như một ví dụ xem xét hiệu quả tụ bù CSPK trong hệ thống điện làm giảm TTĐN do sóng hài gây ra. Bài báo đã xây dựng được quy trình sử dụng phương pháp phân tích sóng hài trực tiếp nhằm định lượng TTĐN, và đưa vào các vị trí lắp tụ bù để đánh giá TTĐN. Kết quả mô phỏng tính toán cho thấy TTĐN do sóng hài gây ra hàng năm là 667 MWh. Bài báo cũng xét sự có mặt tụ bù cosφ với hai kịch bản bố trí vị trí trong mô phỏng tính toán lại trào lưu công suất và TTCS có kết quả giảm đi rất nhiều. Hiệu quả giảm TTĐN do sóng hài của tụ bù có thể thay đổi khi quy mô và kết cấu lưới điện tòa nhà thay đổi, phụ tải của tòa nhà ít nhiều thay đổi phát thải sóng hài. Tuy vậy tác dụng của sóng hài có thể gây quá tải nặng. Bài báo như một ví dụ minh họa tốt cho hiệu quả giảm TTĐN do sóng hài, khi giả thiết phụ tải của tòa nhà có mức phát thải sóng hài lớn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Đình Long, Bạch Quốc Khánh, Nguyễn Văn Sỹ, Lê Văn Doanh, Hoàng Hữu Thuận, Phùng Anh Tuấn, Đinh Thành Việt, *Sách tra cứu về chất lượng điện năng*, NXB Bách khoa, Hà Nội, 2013.
- [2] Bạch Quốc Khánh, Nguyễn Văn Minh, "Một trường hợp đánh giá tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện tòa nhà bị ô nhiễm sóng hài", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, Số 42, 2017.
- [3] Thomas Key, Jih-Sheng Lai, "Costs and benefits of harmonic current reduction for switch-mode power supplies in a commercial office building", *IEEE Transactions on Industry Applications*, Volume. 32, Issue. 5, Sep/Oct 1996, pp. 1017-1025.
- [4] Jos Arrillaga, Bruce C Smith, Neville R Watson, Alan R Wood, *Power system harmonic analysis*, John Wiley & Sons, 1997.
- [5] A. Priyadarshini, N. Devarajan, AR. Uma Saranya, R. Anitt, "Survey of Harmonics in Non Linear Loads", *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Vol.1, Issue 1, April 2012, pp. 92-97.