

THÔNG BÁO KHOA HỌC

**KẾT QUẢ KHẢO SÁT TRANG BỊ NGUỒN SÁNG VÀ TÍNH TOÁN HỆ THỐNG ĐÈN LED TRÊN TÀU CHỤP MỰC 4 TẦNG GÔNG**

**THE STUDY RESULTS OF LIGHT POWER EQUIPMENT AND LED FISH LIGHTING SYSTEM ON STICK HELD FALLING NET WITH 4 OUTRIGGERS VESSELS**

Nguyễn Như Sơn<sup>1</sup>, Võ Văn Long<sup>2</sup>, Tô Văn Phương<sup>3</sup>

Ngày nhận bài: 9/6/2018; Ngày phân biệt thông qua: 11/9/2018; Ngày duyệt đăng: 28/9/2018

**TÓM TẮT**

Kết quả khảo sát hệ thống chiếu sáng tập trung mực, cá của đội tàu chụp mực 4 tầng gông xa bờ tỉnh Quảng Nam cho thấy: bóng đèn trang bị trên tàu chủ yếu là chủng loại Metan Halide (95% tổng công suất nguồn sáng), tổng công suất nguồn sáng dao động lớn từ (53 - 193) KW/tàu, được bố trí trên các mạn của cabin tàu và 100% tàu trang bị máy phát điện để phục vụ chiếu sáng. Qua tính toán và lựa chọn mức trang bị ánh sáng đèn LED trên tàu chụp mực 4 tầng gông phù hợp với 65 bóng đèn LED tương đương với 13 KW (200W/bóng) thấp sáng tập trung mực, cá và 0,5 KW (500W/bóng) để gom mực, cá. Ngoài ra, tính toán lựa chọn được máy phát điện phù hợp để lắp đặt trên tàu với công suất là 20 KW.

Từ khóa: chụp mực 4 tầng gông, công suất nguồn sáng, đèn LED, đèn Metan Halide

**ABSTRACT**

The study results of lighting system on Stick held falling net with 4 Outriggers vessels showed that: i) the fish lighting lamps are mainly Metan Halide (95 percent of total lighting power); ii) the total lighting power fluctuates greatly from 53 - 193 KW/fishing vessel that located on the both side of the cabin; iii) 100 percent of fishing vessel equip dynamo for lighting on board. The results also presented some useful information, such as: i) the equipped level with 65 LED lighting lamps under power total of 13 KW (200W/lamp) are suitable and reasonable for squid, fish lighting attractor; ii) the lighting system requires 0,5 KW (500W/lighting lamp) for squid, fish collecting. Particularly, the studying results showed that the suitable dynamo on the fishing vessels are 20 KW.

Key words: Stick held falling net with 4 Outriggers, lighting power, LED lamp, Metan Halide lamp.

**I. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Quảng Nam là một tỉnh duyên hải miền Trung, có chiều dài bờ biển 125 km, ngư trường khai thác rộng trên 40.000 km<sup>2</sup>, hai cửa biển lớn là Kỳ Hà - Núi Thành, Cửa Đại - Hội An và quần đảo Cù Lao Chàm có các yếu tố tự nhiên thuận lợi để phát triển nghề khai thác hải sản. Tàu cá xa bờ tỉnh Quảng Nam có khoảng 763 chiếc, trong số đó tàu chụp mực 4 tầng gông có 81 chiếc, chiếm 10,2% (Chi cục Thủy sản Quảng Nam, 2017). Hiện nay, trang bị nguồn

sáng trên các tàu chụp mực rất lớn ( bình quân 101 KW/tàu), nhiều nhất sử dụng đến 193 KW, dẫn đến chi phí chuyển biển tăng cao, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả sản xuất của nghề chụp mực. Vì vậy, vấn đề đặt ra là phải xác định được mức công suất phát sáng và các loại bóng đèn phù hợp với từng đội tàu để phát huy tối đa nguồn sáng trang bị trên tàu, nâng cao năng suất khai thác và hiệu quả kinh tế. Để giải quyết vấn đề trên, chúng tôi thực hiện báo cáo “**Kết quả khảo sát trang bị nguồn sáng và tính toán hệ thống đèn LED trên tàu chụp mực 4 tầng gông**”. Mục đích, khảo sát toàn diện về trang bị nguồn sáng hiện tại trên tàu thử

<sup>1</sup> Phân Viện Nghiên cứu Hải sản phía Nam

<sup>2</sup> Trung tâm Khuyến nông Quảng Nam

<sup>3</sup> Phòng Đào tạo Đại học, Đại học Nha Trang

nghiệm và tính toán hệ thống đèn LED trên tàu tiên hành thử nghiệm.

**II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**1. Phương pháp điều tra, thu mẫu**

Đối tượng điều tra: nghề chụp mực 4 tầng công suất 90cv trở lên;

Phạm vi điều tra: Huyện Núi Thành và Thăng Bình.

Điều tra số liệu theo biểu mẫu được thiết kế phù hợp với nội dung nghiên cứu: tàu thuyền, công suất máy, loại bóng đèn, công suất nguồn sáng,... Số lượng mẫu thu được là 30 phiếu, đạt tỷ lệ 37%.

**2. Phương pháp tính toán thiết kế và xử lý số liệu**

**2.1. Tiêu chí lựa chọn**

Đèn LED được lựa chọn là loại bóng được

sử dụng chuyên cho đánh bắt thủy sản, để đáp ứng được các điều kiện thực tế nhóm nghiên cứu đưa ra các tiêu chí lựa chọn như sau:

1) Bóng đèn sử dụng được sản xuất tại Việt Nam và phù hợp với điều kiện môi trường khắc nghiệt trên biển;

2) Chúng loại và công suất bóng đèn phù hợp, có quang thông lớn và nhiệt độ màu phù hợp với nghề chụp mực (đối tượng mực ống);

3) Giá thành phù hợp với mức vốn đầu tư của ngư dân.

Nhóm nghiên cứu lựa chọn loại bóng đèn LED do Công ty Rạng Đông chế tạo, với loại bóng công suất 200 W/bóng, model: DDC04L/200 W để lắp đặt cho tàu thực nghiệm, thông số kỹ thuật được thể hiện dưới Bảng 1.

**Bảng 1. Thông số kỹ thuật bóng đèn LED**

TT	Tên chỉ tiêu	Đèn LED DDC04L - 200 W (thấp sáng tập trung mực, cá)	Đèn LED MEMS - FCN - 500W (gom mực, cá)
1	Điện áp định danh (V)	220	220
2	Công suất đèn (W)	200	500
3	Hệ số công suất	0,95	0,95
4	Nhiệt độ màu (K)	4.000	4.000
5	Quang thông (lm)	29.000	65.000
6	Hiệu suất sáng (lm/W)	125	130
7	Cấp độ bảo vệ	IP67	IP65
8	Tuổi thọ (giờ)	20.000	20.000



a. Bóng đèn LED 200W



b. Đèn LED MEMS-FCN-500W

**Hình 1. Bóng đèn LED trang bị trên tàu chụp mực 4 tầng công**

Đèn LED gom mực, cá lựa chọn loại bóng 500 W/bóng có đầy đủ các thông số kỹ thuật thể hiện như Bảng 2, khác nhau ở độ rọi sáng, là loại bóng tách rời để dễ bố trí lắp đặt; số lượng 1 bóng.

2.2. Phương pháp tính toán và lắp đặt đèn LED

a) Tính toán số lượng bóng đèn LED [3], theo công thức dưới đây:

$$n = \frac{E_{TB} \cdot S \cdot k}{\Phi} \quad (1)$$

Trong đó: *n*: số lượng bóng đèn; *E<sub>TB</sub>*: độ rọi trung bình tính theo phương nằm ngang từ vị trí đặt nguồn sáng đến vị trí độ rọi *l<sub>lux</sub>*; *S*: diện tích bề mặt được chiếu sáng theo phương nằm ngang (*m<sup>2</sup>*); *k*: hệ số sử dụng, *k<sub>1</sub>* = 2 ÷ 3; *Φ*: quang thông bóng đèn (*lumen*).

b) Hiệu suất phát quang là quang thông (*lm*) phát ra trên mỗi đơn vị công suất (*Watt*) của bóng đèn, tính theo công thức [3]:  $\eta = \Phi / P$  (2)

Trong đó:  $\eta$  là hiệu suất phát quang (*lm/W*); là  $\Phi$  quang thông của bóng đèn (*lm*); *P*: là công suất bóng đèn (*W*).

c) Tính toán tiết diện của dây dẫn [3].

$$D = \frac{I_l}{J} \times k_2 \quad (3)$$

Trong đó: *I<sub>l</sub>* - Dòng điện làm việc Max của mỗi bóng đèn LED là *I<sub>l</sub>* = 2,1 A (Bảng thông số kỹ thuật của Đèn LED); Tiết diện dây đồng tính chọn theo mật độ dòng điện tối đa cho phép *J* = 6A/mm<sup>2</sup>; *k<sub>2</sub>* = 1,5 - hệ số an toàn.

d) Tính toán công suất máy phát điện [3]

$$P_{MF} = P_T \times k_3 \quad (4)$$

Trong đó, *P<sub>MF</sub>* - Công suất của máy phát điện (*kW*); *P<sub>T</sub>* - Tổng công suất bóng đèn LED trang bị trên tàu (*kW*); *k<sub>3</sub>* - Hệ số an toàn, chọn *k<sub>3</sub>* = 1,25.

Phần mềm sử dụng: Excel 2010 và Autocad 2010 để xử lý số liệu và vẽ sơ đồ lắp đặt hệ thống đèn LED trên tàu.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Hiện trạng sử dụng nguồn sáng trên tàu chụm mực 4 tầng gông

1.1. Hiện trạng sử dụng máy phát điện

Kết quả khảo sát cho thấy, hầu hết ngư dân trang bị máy phát điện thấp sáng tập trung mực và khoảng 10% số lượng tàu trang bị máy phụ để dự phòng với các thông số kỹ thuật được thể hiện dưới Bảng 2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật máy phụ trên tàu chụm mực 4 tầng gông

Thông tin máy phụ	Đơn vị tính	Nhỏ nhất	Lớn Nhất	Giá trị trung bình
Công suất định mức	cv	120	360	250,8
Nơi sản xuất	Nhật Bản và Hàn Quốc			
Giá thành máy	triệu đồng	120	245	161,3
Mức tiêu thụ nhiên liệu	lít/giờ	12,8	26,6	19,6
T.gian hoạt động 1 đêm	giờ	9	11	10
Giá nhiên liệu	nghìn đồng/lít	14	14	14
Chi phí hoạt động 1 đêm	nghìn đồng	126	154	140

Trên tàu sử dụng từ 01 - 02 máy phát điện. Hầu hết tàu chụm mực 4 tầng gông sử dụng máy phát điện xoay chiều có công suất từ (30 - 100) kVA, được sản xuất tại Hàn Quốc, Mỹ, Nhật Bản và Trung Quốc, thể hiện dưới Bảng 3.

Như vậy, nếu trang bị đồng thời cả máy phụ và máy phát điện trên tàu chụm mực 4 tầng gông hoạt động xa bờ, thì chủ tàu phải bỏ ra kinh phí đầu tư ban đầu khoảng 230 - 840 triệu đồng/tàu.

**Bảng 3. Thông số kỹ thuật máy phát điện trên tàu chụm mực 4 tầng gông**

Thông tin chung về máy phát điện	Đơn vị tính	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình
Công suất định mức	kVA	30	100	88
Nơi sản xuất	Hàn Quốc, Mỹ, Nhật và Trung Quốc			
Nhãn hiệu	Cummin, Hino, Mitsubishi, Daewoo, Yuchai			
Hiệu suất sử dụng	%	0,8	0,8	0,8
Giá thành trung bình	triệu đồng	110	840	252,7

1.2. Hiện trạng trang bị nguồn sáng trên tàu chụm mực 4 tầng gông

1.2.1. Chủng loại bóng đèn trên tàu chụm mực 4 tầng gông

Tàu chụm mực 4 tầng gông tỉnh Quảng Nam trang bị loại đèn sợi đốt và Metan Halide với công suất dao động từ 1.000 - 2.000 W/bóng, được thể hiện dưới Bảng 4.

**Bảng 4. Các loại bóng đèn sử dụng trên tàu chụm mực 4 tầng gông**

Thông tin nguồn sáng	Đèn thấp sáng tập trung mực, cá	Đèn gom mực
Chủng loại đèn	Metan Halide, sợi đốt	Metan Halide
Nơi sản xuất	Trung Quốc	Trung Quốc
Công suất (W)	1.000 - 2.000	1.000
Số lượng (bóng)	4 - 180	1 - 2
Màu sắc	trắng, vàng	trắng, vàng

Bảng 5 cho thấy, chủng loại ánh sáng trắng và vàng là 02 loại được tàu chụm mực dùng để thấp sáng, gom mực. Trong đó, số lượng bóng đèn Metan Halide được sử dụng, chiếm 95% trong khai thác. Ngoài ra, một số tàu còn tự chế bóng đèn ngầm dưới nước để tập trung mực và cá trong quá trình hoạt động khai thác hải sản trên biển. Bóng đèn sợi đốt được sử dụng rất ít trên tàu chụm mực, với chủng loại bóng đèn có công suất 1.000 W/bóng.

1.2.2. Bố trí nguồn sáng trên tàu chụm mực 4 tầng gông

Tàu chụm mực 4 tầng gông tỉnh Quảng Nam trang bị nguồn sáng có công suất lớn, ngưỡng dao động rộng có tàu trang bị khoảng từ (53 - 193) KW, trung bình khoảng 119 KW/tàu, được thể hiện dưới Bảng 5.

Ngoài bóng đèn, thì máng đèn và chóa đèn là hai phụ kiện quan trọng trong việc sử dụng hiệu quả nguồn sáng trên tàu. Hiện nay, một số tàu chụm mực sử dụng các loại máng đèn và

chóa đèn tự tạo, được làm theo kinh nghiệm của từng người và theo tập quán của từng địa phương. Phần lớn các máng đèn và chóa đèn trang bị trên tàu không đảm bảo yêu cầu về mặt phản quang.

**2. Tính toán, lắp đặt hệ thống đèn LED trên tàu chụm mực 4 tầng gông**

2.1. Tính toán số lượng bóng đèn phù hợp trên tàu

Đèn cao áp Metal Halide 1.000 W có quang thông 28.800 lumen (tương đương 28,8 lm/W). Trên tàu chụm mực 4 tầng gông thường trang bị công suất nguồn sáng lớn và được chia thành 03 nhóm công suất nguồn sáng được thể hiện như Bảng 6.

Qua Bảng 7 nhận thấy, công suất nguồn sáng hiện nay tàu chụm mực tỉnh Quảng Nam trang bị trung bình là 58 KW (tần suất điều tra đạt 56,7%). Theo công thức (2) ta tính được quang thông lớn nhất mà nhóm công suất nguồn sáng này có thể đạt được là:  $58.000 \times 28,8 = 1.670.400 \text{ lm}$ .

Để thay thế bóng đèn Metan Halide nhóm

**Bảng 5. Bố trí nguồn sáng bằng các loại đèn truyền thống trên tàu chụp mực 4 tầng gông**

Nội dung	Đơn vị tính	Mạn trái	Mạn phải	Sau lái	Đèn gom mực
Công suất bóng đèn sợi đốt	W	4.000	4.000	-	3.500
Công suất bóng đèn Metan Halide	W	55.000	55.000	5.000	-
Tổng công suất nguồn sáng	KW	59	59	5	3,5
Khoảng cách giữa hai đèn	m	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4	-
Khoảng cách giàn đèn trên so với cabin	m	0,7 - 1,8	0,7 - 1,8	0,7 - 1,8	-
Khoảng cách giàn đèn dưới so với cabin	m	0,2 - 1,5	0,2 - 1,5	0,2 - 1,5	-
Khoảng cách từ đèn đến thành cabin	m	-	-	-	0,3 - 0,5
Khoảng cách từ đèn đến mặt nước	m	-	-	-	1,2 - 2,8
Góc chiếu sáng	độ	360	360	360	-

**Bảng 6. Công suất nguồn sáng trung bình trang bị trên tàu chụp mực 4 tầng gông**

TT	Nhóm công suất nguồn sáng (KW)	Số lượng mẫu điều tra	Tỷ lệ (%)	Công suất trung bình (kW)
1	50 - < 100	17	56,7	58
2	100 - < 150	4	13,3	114
3	≥ 150	9	30,0	171

ngiên cứu lựa chọn đèn LED có công suất 200 W được bán thông dụng trên thị trường với các thông số kỹ thuật như Bảng 2. Như vậy, theo lý thuyết tương tự ta có thể tính được số lượng bóng đèn LED cần trang bị trên tàu cả theo công thức (1) như sau:  $1.670.400/125 = 13.363,2 \text{ W} \approx 67$  bóng đèn LED (loại 200W/bóng). Để lắp đặt, bố trí hợp lý trên tàu nhóm nghiên cứu chọn 65 bóng (mạn trái: 30 bóng; mạn phải: 30 bóng và sau lái: 5 bóng).

**2.2. Lựa chọn hệ thống phụ trợ cho đèn LED trên tàu**

**2.2.1. Dây dẫn điện**

Dòng điện làm việc Max của mỗi bóng đèn LED, model: DDC04L/200W là  $I_t = 2,1 \text{ A}$ . Đối với dây đồng, tiết diện dây dẫn tính chọn theo mật độ dòng điện tối đa cho phép  $J = 6\text{A}/\text{mm}^2$ . Suy ra tiết diện dây dẫn là:  $0,35 \text{ mm}^2$  và an toàn là  $0,7 \text{ mm}^2$  (hệ số  $k=2$ ). Như vậy, để an toàn và tiện lợi chúng tôi chọn dây dẫn Cadivi, loại có 2 lớp bọc cách điện để cấp nguồn điều khiển

cho mỗi bóng riêng lẻ có tiết diện  $S = 2 \times 0,75 \text{ mm}^2$  và dây dẫn Cadivi cấp nguồn điều khiển cho cụm 02 bóng đèn LED có tiết diện dây dẫn  $S = 2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ .

Máy phát điện tàu đang sử dụng để cấp nguồn cho hệ thống 65 đèn LED là loại máy phát 3 pha. Vì vậy, chúng tôi lựa chọn cáp đồng Cadivi 4 lõi có tiết diện dây dẫn  $S = 4 \times 10 \text{ mm}^2$  cách điện PVC, loại dây mềm để nối lên tủ điện cấp cho 65 đèn LED nhằm đảm bảo an toàn (loại cáp rất phổ biến trên thị trường hiện nay)

**2.2.2. Áp-tô-mát**

Theo nguyên tắc thiết kế Aptomat cho mạn phải và đuôi tàu ở trên, 02 bóng đèn LED sẽ mắc song song thành 01 cụm. Khi đó, dòng điện định mức của Aptomat ta cần lựa chọn là 6A.

Máy phát điện hiện đang sử dụng để cấp nguồn cho hệ thống 65 đèn LED là loại máy phát 3 pha; do đó, để thuận tiện việc cấp nguồn cho hệ thống đèn LED, ta phân tải 65 bóng LED thành 3 nhóm có công suất tương đương nhau

để đảm bảo tính cân bằng. Ta lựa chọn Aptomat 3P-100A là loại phổ biến và đáp ứng được nhu cầu bảo vệ hệ thống 65 đèn LED 200W.

Lựa chọn các Aptomat của hãng Sino. Được làm bằng vật liệu chống cháy có khả năng cách điện cao, đáp ứng tiêu chuẩn IEC 60898, có khả năng ngắt dòng nhanh ngay khi sự cố ngắn mạch xảy ra, bảo vệ tối đa cho các thiết bị cũng như hệ thống điện.

Aptomat dùng cho mỗi bóng đèn LED 200W hoặc cụm 02 bóng đèn LED 200W, ta cùng chọn một loại Aptomat tếp của SINO 6A với thiết kế hình dáng đơn giản, thuận tiện cho mọi vị trí lắp đặt và bố trí khác nhau.

### 2.2.3. Công suất máy phát điện

Với công suất tổng của hệ thống 65 bóng đèn LED là 13.000 W.

$P_{MF} = 1.300 \times k = 13.000 \times 1,25 = 16.250 \text{ W} = 16,25 \text{ KW}$  ( $k = 1,25$  là hệ số an toàn của máy phát điện cần lựa chọn). Suy ra, chọn máy phát điện công suất 20 kVA.

Lựa chọn máy phát điện có thông số kỹ thuật như sau:

- Điện áp: 220/380V
- Số pha: 3 pha;
- Tần số: 50/60Hz;
- Tốc độ vòng quay: 1.500 vòng/phút (1.500v/p)
- Hệ số công suất:  $\cos \varphi = 0,85$ ;
- Ổn định điện áp  $\leq \pm 0,5\%$ ;
- Dao động tần số trong khoảng 0,25%;
- Tiết kiệm nhiên liệu: Sử dụng bộ điều tốc điện tử, nhiên liệu tiêu hao sẽ tùy vào tần suất

sử dụng, có độ bền cơ học cao.

- Chức năng bảo vệ, cảnh báo: Quá tải, mất cân bằng tải; quá nhiệt độ, rò rỉ nhiên liệu, tần số thấp/cao.

### 2.3. Bố trí nguồn sáng đèn LED trên tàu chụp mực

Tổng hợp nhiều kết quả nghiên và hiện trạng trang bị nguồn sáng trên tàu chụp mực 4 tầng gông tỉnh Quảng Nam, nhóm nghiên cứu đưa ra cách bố trí nguồn sáng trên tàu thử nghiệm như Bảng 7, Hình 2 và Hình 3.

## IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

Các tàu chụp mực của ngư dân Quảng Nam đang sử dụng máy phát điện có công suất dao động từ 30 - 100 kVA, hiệu suất sử dụng đạt 0,8% và được sản xuất tại Mỹ hoặc Trung Quốc.

Số lượng bóng đèn Metan Halide được trang bị trên tàu, chiếm 95% tổng công suất nguồn sáng. Tổng công suất nguồn sáng trung bình đạt 119 KW/tàu và được bố trí tập trung trên cabin.

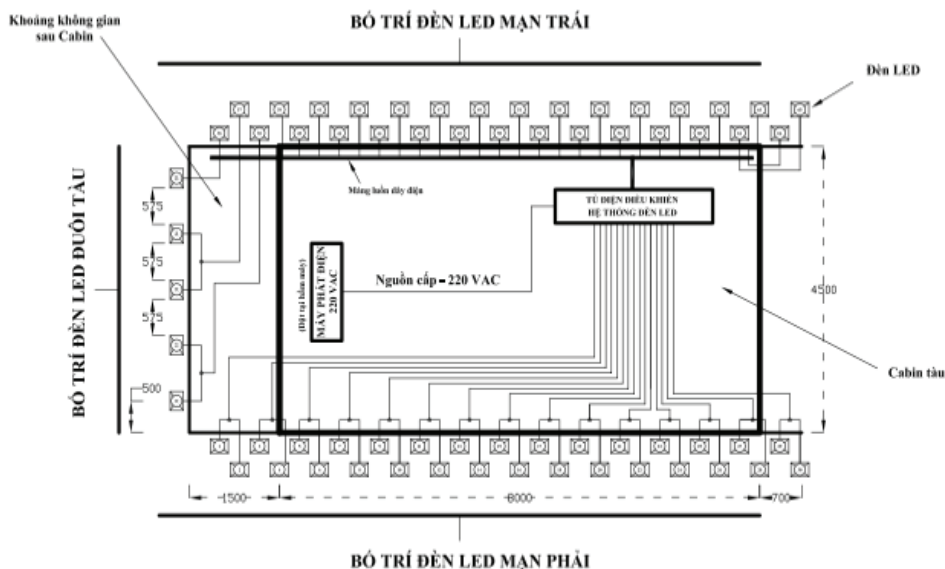
Nhóm nghiên cứu đã tính toán và lựa chọn loại bóng đèn LED công suất 200 W/bóng, model: DDC04L/200W để lắp đặt song song với hệ thống đèn MH trên tàu thực nghiệm.

### 2. Kiến nghị

Nghiên cứu tính toán lắp đặt đèn LED trên tàu chụp mực 4 tầng gông đã được hoàn thiện bởi nhóm nghiên cứu và chủ tàu. Trong thời gian tới cần triển khai thử nghiệm các chuyến biển nhằm đánh giá hiệu quả của đèn LED và hiệu chỉnh kết quả tính toán để áp dụng vào thực tiễn sản xuất.

**Bảng 7. Bố trí nguồn sáng bằng đèn LED dự kiến trên tàu chụp mực 4 tầng gông thử nghiệm**

Nội dung	Mạn trái	Mạn phải	Sau lái	Đèn gom mực
Tổng công suất đèn LED (W)	6.000	6.000	1.000	500
Khoảng cách giữa hai đèn (m)	0,3	0,3	0,3	-
Khoảng cách so với cabin giàn trên (m)	1,3	1,3	1,3	-
Khoảng cách so với cabin giàn dưới (m)	0,9	0,9	0,9	-
Khoảng cách từ đèn đến thành cabin (m)	-	-	-	0,4
Khoảng cách từ đèn đến mặt nước (m)	-	-	-	2,0
Góc chiếu sáng (độ)	40 - 50	40 - 50	40 - 50	70 - 90



Hình 2. Sơ đồ lắp đặt hệ thống đèn LED trên tàu chụm mực 4 tầng gông



Hình 3. Lắp đặt hệ thống đèn LED trên tàu chụm mực 4 tầng gông

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

**Tiếng Việt**

1. Nguyễn Đức Sĩ (2006), Nghiên cứu một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn sáng trong nghề lưới vây xa bờ kết hợp ánh sáng, Luận án tiến sĩ, Nha Trang.

**Tiếng Anh**

2. Jae - sung choi và ctv, 2010. Photoreaction Analysis of Squids for the Development of a LED- Fishing Lamp. Proceedings of the 2nd International Conference on Maritime and Naval Science and Engineering

3. S.C. Shen và H.J. Huang, 2012. Design of LED fish lighting attractors using horizontal/vertical LIDC mapping method. Department of Systems and Naval Mechatronic Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan